



TUGAS AKHIR - KS09 1336

**PENGENALAN GELOMBANG EEG PADA
MANUSIA DENGAN EMOTIV EPOC UNTUK
MELAKUKAN AKTIVITAS**

**M. N. FAKHRUZZAMAN
NRP 5211 100 063**

**Dosen Pembimbing I
Edwin Riksakomara, S.Kom., M.T.**

**Dosen Pembimbing II
Hatma Suryotrisongko, S.Kom., M.Eng**

**JURUSAN SISTEM INFORMASI
Fakultas Teknologi Informasi
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2015**



FINAL PROJECT - KS09 1336

EEG WAVE IDENTIFICATION IN HUMAN BRAIN WITH EMOTIV EPOC

M. N. FAKHRUZZAMAN
NRP 5211 100 063

Supervisor I
Edwin Riksakomara, S.Kom., M.T.

Supervisor II
Hatma Suryotrisongko, S.Kom., M.Eng

INFORMATION SYSTEM DEPARTMENT
Faculty of Information Technology
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2015

PENGENALAN GELOMBANG EEG PADA MANUSIA DENGAN EMOTIV EPOC UNTUK MELAKUKAN AKTIVITAS

TUGAS AKHIR

Disusun Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat
Memperoleh Gelar Sarjana Komputer
pada
Jurusan Sistem Informasi
Fakultas Teknologi Informasi
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya

Oleh:

M. N. FAKHRUZZAMAN
NRP. 5211 100 063



Dr. Eng. Febrilivan Samopa, S.Kom, M.Kom.

NIP 197302191998021001

**PENGENALAN GELOMBANG EEG PADA
MANUSIA DENGAN EMOTIV EPOC UNTUK
MELAKUKAN AKTIVITAS**

TUGAS AKHIR

Disusun Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat
Memperoleh Gelar Sarjana Komputer
pada
Jurusan Sistem Informasi
Fakultas Teknologi Informasi
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya

Oleh :

M. N. FAKHRUZZAMAN
NRP. 5211 100 063

Disetujui Tim Penguji : Tanggal Ujian : 3 Juni 2015
Periode Wisuda : September 2015

- | | |
|---|-----------------|
| 1. Edwin Riksakomara, S.Kom, MT | (Pembimbing I) |
| 2. Hatma S., S.Kom., M.Eng | (Pembimbing II) |
| 3. Dr. Eng. Febriliyan S., S.Kom, M.Kom | (Penguji I) |
| 4. Radityo P.W., S.Kom, M.Kom | (Penguji II) |

Pengenalan Gelombang EEG pada Manusia dengan Emotiv EPOC untuk Melakukan Aktivitas

Nama Mahasiswa : M. N. FAKHRUZZAMAN
NRP : 5211100063
Jurusan : SISTEM INFORMASI
Dosen Pembimbing 1 : EDWIN RIKSAKOMARA,
S.Kom., M.T.
Dosen Pembimbing II : HATMA SURYOTRISONGKO,
S.Kom., M.Eng

ABSTRAK

Brain Computer Interfaces atau bisa disebut BCI, adalah teknologi yang memungkinkan penggunaanya untuk melakukan suatu aktivitas di komputer hanya dengan berkonsentrasi mengenai aktivitas yang ingin dilakukan. BCI berguna untuk mendigitasi sinyal analog yang direkam oleh alat Electro Encephalogram (EEG) agar dapat dibaca oleh komputer. Gelombang otak dikeluarkan oleh otak sebagai sinyal untuk anggota tubuh ketika akan digerakkan dan anggota tubuh merespon dengan melakukan gerakan tersebut, hal ini dapat dimanfaatkan BCI dengan merekam gelombang otak tersebut dan mentranslasikannya menjadi sinyal digital untuk kemudian digunakan sebagai alat pengendali perangkat tertentu. Salah satu topik dalam penelitian BCI adalah imajinasi motorik, yaitu topik yang membahas tentang aktivitas otak ketika manusia mengimajinasikan suatu gerakan. Aktivitas otak ini direkam berupa data EEG untuk dijadikan acuan sehingga BCI dapat mentranslasikan aktivitas otak menjadi pemicu aktivitas. Tujuan dari

penelitian ini adalah mengetahui bagaimana BCI dapat mengenali dan membedakan gelombang otak manusia ketika hendak melakukan 2 aktivitas yang berbeda yaitu menggerakkan tangan kiri dan menggerakkan kaki kanan. Penelitian ini merupakan langkah awal dalam penelitian BCI yang selanjutnya dapat dikembangkan untuk mengenali gelombang otak manusia ketika melakukan aktivitas lain menggunakan BCI dan penggunaan BCI untuk mentranslasikan gelombang otak menjadi suatu pemicu untuk melakukan aktivitas.

Kata Kunci: Brain-Computer Interfaces, Electro Encephalogram, Motor Imagery, Gelombang Otak

EEG WAVE IDENTIFICATION IN HUMAN BRAIN WITH EMOTIV EPOC

Student Name : M. N. FAKHRUZZAMAN
Registration Number : 5211100063
Department : INFORMATION SYSTEMS
Supervisor 1 : EDWIN RIKSAKOMARA,
S.Kom., M.T.
Supervisor II : HATMA SURYOTRISONGKO,
S.Kom., M.Eng

ABSTRACT

Brain Computer Interfaces, abbreviated as BCI, is a technology which allows users to take action in computer by focusing on which action the user wants to do. BCI digitizes analog signals which recorded by means of electro encephalography so it is can be known to computers. Brain waves is casted by human's brain to command body part into action, as a result, the respective body part responded with the action that brain commanded. This chain of events can be harnessed by BCI so that the brain wave is recorded and digitized into data which can be used as a digital command to computer, eliminating the need of actual real-world action to act in a computer or using the computer as a controlling device to act in the real-world. One of the BCI's interesting topic is Motor Imagery, a topic which deeply examine brain activity when imagining motoric activity such as moving left hand. Brain activity is recorded by EEG means so that BCI can use the EEG record as a reference to translate brain activity into actual motor activity or as computer trigger. The purpose of this research is to determine how BCI can identify

and distinguish human's brainwave when performing different activities. This research is an initial step in BCI research that can be developed into much more useful technologies to help mankind solve further problems.

Keywords: Brain Computer Interfaces, Electro Encephalogram, Motor Imagery, Brain Waves

KATA PENGANTAR

Puji syukur yang sebesar-besarnya Penulis panjatkan kehadirat Allah SWT, karena berkat rahmat dan hidayah-Nya Penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir yang merupakan salah satu syarat kelulusan pada Jurusan Sistem Informasi, Fakultas Teknologi Informasi, Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya.

Atas berbagai bantuan, Penulis ingin menghaturkan rasa terimakasih yang sebesar-besarnya kepada:

- Bapak Febriliyan Samopa selaku Ketua Jurusan Sistem Informasi ITS selama saya menjalani kuliah di Sistem Informasi ITS.
- Bapak Edwin Riksakomara selaku pembimbing I dalam proses pengerjaan tugas akhir ini yang selalu bersedia untuk menemani dan membimbing dengan sabar selama pengerjaan tugas akhir dan mudah ditemui. Terima kasih pak.
- Bapak Hatma Suryotrisongko selaku pembimbing II dalam proses pengerjaan tugas akhir ini dengan pertanyaan beliau yang memancing saya untuk berpikir lebih jauh dan memotivasi saya untuk mengikuti konferensi internasional. Terima kasih pak.
- Bapak Radityo Prasetyanto dan Bapak Febriliyan Samopa selaku penguji I dan penguji II yang bersedia menguji tugas akhir saya. Terima kasih atas saran dan kritiknya sehingga tugas akhir saya bisa menjadi lebih baik.
- Teman saya Ryco Puji, terima kasih telah bersedia untuk dijadikan kelinci percobaan.
- Mas Bambang Wijanarko yang telah meluangkan waktu untuk sharing, dan mengatur waktu sidang di laboratorium E-Bisnis.
- Orang tua yang selalu menanyakan progress tugas akhir sehingga saya menjadi lebih terpacu.

- Teman - teman seperwarungan dan sepertravelling yang selalu memberi semangat dan motivasi melalui guyonan guyonan mereka.
- Seluruh anggota Basilisk Jurusan Sistem Informasi.

Penulis menyadari bahwa tugas akhir ini masih memiliki banyak kekurangan, maka dari itu penulis mengharapkan saran dan kritik terhadap tugas akhir ini yang bersifat membangun guna perbaikan di masa mendatang. Akhir kata, penulis berharap tugas akhir ini dapat bermanfaat bagi Indonesia dan dunia.

Surabaya, Juni 2015

Penulis

DAFTAR ISI

ABSTRAK.....	v
ABSTRACT.....	vii
KATA PENGANTAR.....	ix
DAFTAR ISI.....	xi
DAFTAR GAMBAR.....	xiii
DAFTAR TABEL.....	xvi
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Perumusan Masalah.....	3
1.3 Batasan Masalah.....	3
1.4 Tujuan Tugas Akhir.....	3
1.5 Manfaat Kegiatan Tugas Akhir.....	4
1.6 Relevansi.....	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	5
2.1 Studi Sebelumnya.....	5
2.1 Dasar Teori.....	8
2.1.1 Brain Computer Interface.....	8
2.1.2 Electro Encephalogram.....	12
2.1.3 Emotiv EPOC.....	14
2.1.4 OpenViBE.....	15
BAB III METODOLOGI PENELITIAN.....	17
3.1 Urutan Pelaksanaan Proses Penelitian.....	17
3.1.1 Studi Literatur.....	18
3.1.2 Perumusan Masalah.....	18
3.1.3 Pelatihan Alat.....	19
3.1.4 Tahap Pengujian.....	22
3.1.5 Analisis Data.....	25
3.1.6 Pembuatan Buku Tugas Akhir.....	25
3.2 Bahan dan Peralatan yang Digunakan.....	25
3.2.1 Bahan.....	25
3.2.2 Peralatan.....	26
BAB IV PERANCANGAN.....	27
4.1 Tahapan Penelitian.....	27
4.1.1 Briefing Subyek.....	27

4.1.2	Perekaman Data EEG.....	29
4.1.3	Pelatihan SVM.....	30
4.1.4	Pengujian.....	33
4.2	Pemilihan Subyek.....	35
4.3	Persiapan Alat.....	35
4.4	Persiapan Penerimaan Sinyal.....	36
4.5	Perancangan Skenario Openvibe.....	37
BAB V IMPLEMENTASI.....		39
5.1	Subyek yang Terpilih.....	39
5.2	Perekaman Data EEG.....	40
5.3	Pelatihan SVM.....	42
5.4	Pengujian.....	46
5.5	Hambatan dan Rintangan.....	48
BAB VI HASIL DAN PEMBAHASAN.....		51
6.1	Hasil.....	51
6.2	Pembahasan.....	54
BAB VII KESIMPULAN DAN SARAN.....		65
7.1	Kesimpulan.....	65
7.2	Saran.....	65
DAFTAR PUSTAKA.....		67
BIODATA PENULIS.....		71
LAMPIRAN A GRAFIK DATA MENTAH EEG.....		1
LAMPIRAN B TABEL HASIL PENGUJIAN.....		1

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Penelitian Terdahulu	7
Tabel 6.1 Hasil Pengujian Skenario 1 dan Skenario 2 : Aktivitas Pergerakan Tangan Kiri dan Aktivitas Pergerakan Tangan Kanan	53
Tabel 6.2 Hasil Pengujian Skenario 3 dan Skenario 4: Aktivitas Pergerakan Tangan Kiri dengan Tangan Kanan dan Aktivitas Pergerakan Tangan Kiri dengan Anggukan Kepala	53
Tabel 6.3 Hasil Pengujian Skenario 5 dan Skenario 6: Aktivitas Pergerakan Kaki Kanan dengan Kaki Kiri dan Aktivitas Pergerakan Kaki Kanan dengan Anggukan Kepala	54
Tabel B.1 Hasil Pengujian Skenario 1 (kiri) dan 2 (kanan) data Fakhruzzaman 1	1
Tabel B.2 Hasil Pengujian Skenario 3 (kiri) dan 4 (kanan) data Fakhruzzaman 1	2
Tabel B.3 Hasil Pengujian Skenario 5 (kiri) dan 6 (kanan) data Fakhruzzaman 1	3
Tabel B.4 Hasil Pengujian Skenario 1 (kiri) dan 2 (kanan) data Fakhruzzaman 2	4
Tabel B.5 Hasil Pengujian Skenario 3 (kiri) dan 4 (kanan) data Fakhruzzaman 2	5
Tabel B.6 Hasil Pengujian Skenario 5 (kiri) dan 6 (kanan) data Fakhruzzaman 2	6
Tabel B.7 Hasil Pengujian Skenario 1 (kiri) dan 2 (kanan) data Fakhruzzaman 3	7
Tabel B.8 Hasil Pengujian Skenario 3 (kiri) dan 4 (kanan) data Fakhruzzaman 3	8
Tabel B.9 Hasil Pengujian Skenario 5 (kiri) dan 6 (kanan) data Fakhruzzaman 3	9
Tabel B.10 Hasil Pengujian Skenario 1 (kiri) dan 2 (kanan) data Fakhruzzaman 4.....	10
Tabel B.11 Hasil Pengujian Skenario 3 (kiri) dan 4 (kanan) data Fakhruzzaman 4.....	11
Tabel B.12 Hasil Pengujian Skenario 5 (kiri) dan 6 (kanan) data Fakhruzzaman 4.....	12

Tabel B.13 Hasil Pengujian Skenario 1 (kiri) dan 2 (kanan) data Fakhruzzaman 5	13
Tabel B.14 Hasil Pengujian Skenario 3 (kiri) dan 4 (kanan) data Fakhruzzaman 5	14
Tabel B.15 Hasil Pengujian Skenario 5 (kiri) dan 6 (kanan) data Fakhruzzaman 5	15
Tabel B.16 Hasil Pengujian Skenario 1 (kiri) dan 2 (kanan) data Ryco 2	16
Tabel B.17 Hasil Pengujian Skenario 3 (kiri) dan 4 (kanan) data Ryco 2	17
Tabel B.18 Hasil Pengujian Skenario 5 (kiri) dan 6 (kanan) data Ryco 2	18
Tabel B.19 Hasil Pengujian Skenario 1 (kiri) dan 2 (kanan) data Ryco 3	19
Tabel B.20 Hasil Pengujian Skenario 3 (kiri) dan 4 (kanan) data Ryco 3	20
Tabel B.21 Hasil Pengujian Skenario 5 (kiri) dan 6 (kanan) data Ryco 3	21
Tabel B.22 Hasil Pengujian Skenario 1 (kiri) dan 2 (kanan) data Ryco 4	22
Tabel B.23 Hasil Pengujian Skenario 3 (kiri) dan 4 (kanan) data Ryco 4	23
Tabel B.24 Hasil Pengujian Skenario 5 (kiri) dan 6 (kanan) data Ryco 4	24
Tabel B.25 Hasil Pengujian Skenario 1 (kiri) dan 2 (kanan) data Ryco 5	25
Tabel B.26 Hasil Pengujian Skenario 3 (kiri) dan 4 (kanan) data Ryco 5	26
Tabel B.27 Hasil Pengujian Skenario 5 (kiri) dan 6 (kanan) data Ryco 5	27

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1 Pohon penelitian laboratorium E - Bisnis.....	4
Gambar 2.1 Subjek Penelitian BCI berbasis EEG [15]	6
Gambar 2.2 Ilustrasi BCI sebagai Jalur Baru [1]	9
Gambar 2.3 Jenis Gelombang Otak berdasarkan Metode Perekaman [1]	10
Gambar 2.4 Bagaimana cara BCI bekerja [2]	11
Gambar 2.5 Hasil Perekaman Gelombang Otak [11].....	13
Gambar 2.6 Data Mentah EEG dari Emotiv Testbench [12] .	14
Gambar 2.7 Bentuk Emotiv EPOC [18].....	15
Gambar 2.8 Screenshot Openvibe designer	16
Gambar 3.1 Tahapan Pengerjaan Tugas Akhir	17
Gambar 4.1 Tahapan Penelitian	28
Gambar 4.2 Jendela visualisasi ketika proses perekaman data	29
Gambar 4.3 Skenario mi-csp-1-acquisition.xml	30
Gambar 4.4 Skenario mi-csp-2-train-CSP.xml	31
Gambar 4.5 Skenario mi-csp-3-classifier-trainer.xml	32
Gambar 4.6 Skenario mi-csp-4-online.xml	34
Gambar 4.7 Foto Felt Sensor.....	36
Gambar 5.1 Foto Subyek ketika Memakai Emotiv EPOC	40
Gambar 5.2 Foto subyek ketika proses perekaman data EEG	41
Gambar 5.3 Cuplikan Acquisition Server	41
Gambar 5.4 Cuplikan data mentah EEG	42
Gambar 5.5 Skenario untuk menampilkan data mentah EEG	42
Gambar 5.6 Konfigurasi generic stream reader 1	43
Gambar 5.7 Konfigurasi CSP spatial filter trainer	44
Gambar 5.8 Konfigurasi generic stream reader 2.....	44
Gambar 5.9 Konfigurasi CSP Spatial Filter 1	45
Gambar 5.10 Konfigurasi classifier trainer	45
Gambar 5.11 Konfigurasi CSP Spatial Filter 2	46
Gambar 5.12 Konfigurasi Classifier Processor	46
Gambar 5.13 Jendela Graz Visualization Pengujian	48
Gambar 6.1 Grafik data EEG Ryco 1	51
Gambar 6.2 Pengujian 1.1	55

Gambar 6.3 Pengujian 2.1	55
Gambar 6.4 Pengujian 3.1	56
Gambar 6.5 Pengujian 4.1	56
Gambar 6.6 Pengujian 5.1	56
Gambar 6.7 Pengujian 6.1	56
Gambar 6.8 Pengujian 7.1	56
Gambar 6.9 Pengujian 8.1	56
Gambar 6.10 Pengujian 9.1	56
Gambar 6.11 Pengujian 10.1	56
Gambar 6.12 Pengujian 1.2	57
Gambar 6.13 Pengujian 2.2	57
Gambar 6.14 Pengujian 3.2	57
Gambar 6.15 Pengujian 4.2	57
Gambar 6.16 Pengujian 5.2	57
Gambar 6.17 Pengujian 6.2	57
Gambar 6.18 Pengujian 7.2	57
Gambar 6.19 Pengujian 8.2	57
Gambar 6.20 Pengujian 9.2	57
Gambar 6.21 Pengujian 10.2	57
Gambar 6.22 Pengujian 1.3	58
Gambar 6.23 Pengujian 2.3	58
Gambar 6.24 Pengujian 3.3	58
Gambar 6.25 Pengujian 4.3	58
Gambar 6.26 Pengujian 5.3	58
Gambar 6.27 Pengujian 6.3	58
Gambar 6.28 Pengujian 7.3	58
Gambar 6.29 Pengujian 8.3	58
Gambar 6.30 Pengujian 9.3	58
Gambar 6.31 Pengujian 10.3	58
Gambar 6.32 Pengujian 1.4	59
Gambar 6.33 Pengujian 2.4	59
Gambar 6.34 Pengujian 3.4	59
Gambar 6.35 Pengujian 4.4	59
Gambar 6.36 Pengujian 5.4	59
Gambar 6.37 Pengujian 6.4	59
Gambar 6.38 Pengujian 7.4	60
Gambar 6.39 Pengujian 8.4	60
Gambar 6.40 Pengujian 9.4	60

Gambar 6.41 Pengujian 10.4	60
Gambar 6.42 Pengujian 1.5	61
Gambar 6.43 Pengujian 2.5	61
Gambar 6.44 Pengujian 3.5	61
Gambar 6.45 Pengujian 4.5	61
Gambar 6.46 Pengujian 5.5	61
Gambar 6.47 Pengujian 6.5	61
Gambar 6.48 Pengujian 7.5	61
Gambar 6.49 Pengujian 8.5	61
Gambar 6.50 Pengujian 9.5	61
Gambar 6.51 Pengujian 10.5	61
Gambar 6.52 Pengujian 1.6	62
Gambar 6.53 Pengujian 2.6	62
Gambar 6.54 Pengujian 3.6	62
Gambar 6.55 Pengujian 4.6	62
Gambar 6.56 Pengujian 5.6	62
Gambar 6.57 Pengujian 6.6	62
Gambar 6.58 Pengujian 7.6	62
Gambar 6.59 Pengujian 8.6	62
Gambar 6.60 Pengujian 9.6	62
Gambar 6.61 Pengujian 10.6	62
Gambar 6.62 Penempatan Elektroda Sistem 10-20 [24]	63
Gambar 6.63 Penempatan Elektroda Emotiv EPOC [25]	64
Gambar A.1 Grafik data mentah Fakhruzzaman 1	1
Gambar A.2 Grafik data mentah Fakhruzzaman 2	2
Gambar A.3 Grafik data mentah Fakhruzzaman 3	3
Gambar A.4 Grafik data mentah Fakhruzzaman 4	4
Gambar A.5 Grafik data mentah Fakhruzzaman 5	5
Gambar A.6 Grafik data mentah Ryco 1	6
Gambar A.7 Grafik data mentah Ryco 2	7
Gambar A.8 Grafik data mentah Ryco 3	8
Gambar A.9 Grafik data mentah Ryco 4	9
Gambar A.10 Grafik data mentah Ryco 5	10

BAB I

PENDAHULUAN

Bab pendahuluan ini akan membahas tentang latar belakang, rumusan masalah, tujuan dan manfaat dari pengerjaan tugas akhir.

1.1 Latar Belakang

Seluruh aktivitas berupa komunikasi dan control membutuhkan koordinasi saraf dan otot, proses aktivitas tersebut dimulai dari keinginan pelaku, keinginan ini memicu proses kompleks yang mempengaruhi beberapa bagian dari otak dan otak akan mengirim sinyal ke bagian tubuh yang akan digunakan [1]. Alat EEG berguna untuk merekam sinyal dari otak yang didapat dari kulit kepala atau permukaan otak atau aktivitas saraf didalam otak [2]. Untuk mendapatkan gelombang otak, alat EEG menggunakan elektroda perekam yang sinyalnya di amplifikasi dan di digitasikan [2].

Sebuah penelitian menyatakan bahwa EEG-based BCI dapat mengendalikan tangan palsu dengan tingkat keakuratan 82.5, 88.75, dan 90% [3]. Hal ini membuktikan bahwa BCI dapat mentranslasikan keinginan manusia menjadi sebuah aktivitas dalam komputer. Hal ini membuktikan juga bahwa komputer dapat membedakan gelombang otak yang dikeluarkan manusia ketika melakukan aktivitas tertentu. Untuk memungkinkan BCI dapat mentranslasikan keinginan manusia menjadi aktivitas dalam komputer, BCI memerlukan proses pelatihan intensif kepada setiap penggunanya [4]. Meskipun melalui pelatihan yang intensif, penggunaan BCI tetap memerlukan keahlian khusus yang perlu dibiasakan untuk menggunakannya [2].

Penelitian yang dilakukan oleh Fabiani pada tahun 2004 menunjukkan bahwa, aktivitas otak manusia yang ditandai dengan tertangkapnya sinyal EEG, dapat menggerakkan cursor

di komputer melalui perantara BCI [5]. Penelitian tersebut menunjukkan bahwa BCI telah mampu untuk mentranslasikan keinginan manusia menjadi perintah untuk dilakukan dalam komputer. Bukan tidak mungkin bahwa penelitian lanjutan dapat mengembangkan penggunaan BCI untuk sesuatu yang lebih kompleks, namun diperlukan penelitian yang banyak dan teknologi yang cukup untuk mencapai tujuan tersebut. Gelombang otak yang dihasilkan manusia merupakan campuran dari semua aktivitas yang sedang dan akan dilakukan manusia, termasuk emosi dan mood yang sedang dirasakan [6]. Sehingga sangat sulit untuk mentranslasikan keinginan manusia jika tidak ada data acuan yang cukup [2]. Seringkali dibutuhkan alat perekam yang menggunakan teknologi lain selain EEG untuk mendapatkan data tersebut [2].

Touradj Ebrahim mengatakan bahwa sinyal EEG seseorang adalah berbeda satu sama lain, meskipun orang tersebut melakukan aktivitas yang sama, biometric berbasis DNA hampir sama kuatnya dengan biometric berbasis gelombang otak [7]. Pernyataan Touradj Ebrahim tersebut menandakan bahwa BCI berbasis EEG akan memberi performa yang berbeda di setiap penggunaanya. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui bagaimana BCI dapat mengenali gelombang otak subjek ketika subjek hendak melakukan aktivitas berupa menggerakkan kaki kanan dan menggerakkan tangan kiri dengan menggunakan alat BCI berbasis EEG, sehingga untuk penelitian selanjutnya dapat dikembangkan untuk mengenali gelombang otak ketika hendak melakukan aktivitas lainnya. Harapan dari penelitian ini adalah, akan timbul penelitian lanjutan berupa penggunaan BCI untuk alat pengendali.

1.2 Perumusan Masalah

Masalah yang akan diselesaikan dalam tugas akhir ini adalah:

1. Bagaimana BCI dapat mengenali dan membedakan aktivitas yang hendak dilakukan manusia?

1.3 Batasan Masalah

Dikarenakan luasnya bidang studi mengenai BCI maka perlu dilakukan pembatasan masalah sebagai berikut:

1. Tugas Akhir ini akan fokus kepada pengenalan gelombang otak ketika subjek hendak melakukan aktivitas berupa menggerakkan kaki kanan dan menggerakkan tangan kiri tidak sampai penggunaan BCI untuk alat pengendali dengan output tangan dan kaki yang bergerak.
2. Gerakan kaki kanan dan gerakan tangan kiri direpresentasikan dengan gerakan sederhana pada masing masing anggota tubuh yaitu mengangkat jari telunjuk tangan kiri dan mengangkat ibu jari kaki kanan.
3. Tugas Akhir ini hanya menggunakan dua subjek untuk menghindari kebiasaan data gelombang otak karena setiap orang memiliki perbedaan gelombang otak.

1.4 Tujuan Tugas Akhir

Tujuan yang hendak dicapai dalam tugas akhir ini adalah sebagai berikut:

1. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui bagaimana BCI dapat mengenali dan membedakan gelombang otak ketika subjek hendak melakukan dua aktivitas yang berbeda yaitu menggerakkan kaki kanan dan tangan kiri.

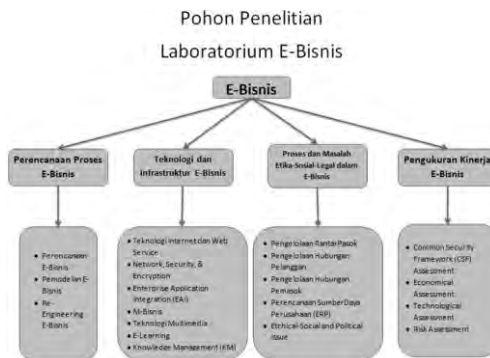
1.5 Manfaat Kegiatan Tugas Akhir

Manfaat dari pengerjaan tugas akhir ini antara lain adalah:

1. Mengetahui aktivitas otak melalui sinyal EEG yang dikeluarkan otak ketika hendak melakukan aktivitas.

1.6 Relevansi

Relevansi Tugas Akhir ini dengan *research roadmap* di laboratorium E - Bisnis adalah di pohon penelitian cabang Teknologi dan Infrastruktur E – Bisnis di sub bahasan Teknologi Multimedia. Peta Penelitian laboratorium E – Bisnis dapat dilihat pada Gambar 1.1.



Gambar 1.1 Pohon penelitian laboratorium E - Bisnis

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

Tinjauan pustaka perlu dilakukan sebelum memulai penelitian Tugas Akhir karena adanya istilah-istilah yang perlu dipahami. Bab ini akan membahas tentang penelitian terdahulu, brain computer interface, gelombang eeg, alat emotif eeg, dan software openvibe.

2.1 Studi Sebelumnya

Penelitian mengenai EEG pertama kali dilakukan pada tahun 1929 oleh Hans Berger [8]. Dalam penelitian itu, Hans Berger mengemukakan spekulasi bahwa gelombang otak dapat ditranslasikan menjadi isi pikiran dan dapat digunakan untuk membaca pikiran seseorang. Namun gelombang otak yang terlalu kompleks karena memproses berbagai macam hal dalam satu waktu menyebabkan belum ada teknologi terkini yang dapat membaca pikiran seseorang hanya dengan acuan gelombang otak saja [2][9].

Setelah itu muncul penelitian mengenai penggunaan gelombang otak sebagai input yang dikombinasikan dengan Brain Computer Interface sehingga gelombang otak dapat dikorelasikan dengan perintah tertentu [1]. Dengan adanya penelitian mengenai Brain Computer Interface, para ilmuwan semakin menggali potensi dari otak manusia sebagai jalur alternatif untuk mengendalikan perangkat komputer [1]. Saat ini telah banyak penelitian Brain Computer Interface yang digunakan untuk terapi kesehatan, hiburan, alat bantu penyandang cacat, dan lain sebagainya [2][3][5][10].

Selain sebagai input, penelitian Brain Computer Interface ternyata dapat digunakan untuk mendeteksi keadaan seseorang seperti sedang mengantuk, sedang santai, sedang sedih dan

lain sebagainya [11][12]. Kemampuan pendeteksi ini dapat dimanfaatkan sebagai perangkat keamanan, contohnya kantuk untuk pekerja shift malam, pengemudi alat berat dan pekerjaan lain yang membutuhkan kondisi terjaga [11].

Dalam sejarahnya, perekaman gelombang EEG dilakukan dengan banyak elektroda yang ditempelkan ke kulit kepala manusia dengan perekat khusus seperti terlihat pada Gambar 2.1 [1]. Metode tersebut hanya dapat dilakukan di fasilitas steril yang hanya ada di laboratorium berteknologi tinggi serta dengan pengawasan ahli medis. Karena itu berbagai penelitian dilakukan sampai dapat ditemukan alat perekam gelombang otak yang praktis dan portable serta murah sehingga Brain Computer Interface dapat lebih diterima oleh masyarakat luas [2][10][13]. Dengan adanya alat perekam gelombang EEG yang praktis, penelitian Brain Computer Interface dapat merambah ke bidang yang lebih *casual* seperti hiburan dan olahraga [13][14]. Penelitian terdahulu mengenai BCI dapat dilihat pada Tabel 2.1.



Gambar 2.1 Subjek Penelitian BCI berbasis EEG [15]

Tabel 2.1 Penelitian Terdahulu

Judul Penelitian	Metode yang Digunakan	Tujuan Penelitian	Referensi
<i>Brain Computer Interface for Communication and Control</i>	BCI berbasis EEG	Meneliti penggunaan BCI sebagai alat bantu komunikasi dan pengendalian barang	[2]
<i>Prosthetic Control by an EEG based BCI</i>	BCI berbasis EEG	Membuat tangan palsu yang dapat dikendalikan dengan BCI	[3]
<i>Conversion of EEG Activity Into Cursor Movement by a Brain Computer Interface (BCI)</i>	BCI berbasis EEG	Membuat aplikasi yang mengubah EEG menjadi pergerakan kursor mouse melalui BCI	[5]
<i>PEMBUATAN SISTEM PENDETEKSI KANTUK UNTUK PEKERJA SHIFT MALAM DENGAN METODE SUPPORT VECTOR MACHINE MENGGUNAKAN ALAT NEUROSKY MINDWAVE</i>	BCI berbasis EEG	Membuat aplikasi pendeteksi kantuk dengan parameter perubahan gelombang otak manusia dengan menggunakan alat NeuroSky Mindwave	[1]
<i>MoodMixer : EEG Based</i>	BCI berbasis	Mengkomposisi music	[16]

<i>Collaborative Sonification</i>	EEG	melalui aplikasi BCI berbasis EEG dengan parameter mood composer
--	-----	--

2.1 Dasar Teori

Beberapa dasar teori perlu dipahami sebelum memulai penelitian tugas akhir, dasar teori ini meliputi pengertian brain computer interface, pengertian gelombang EEG, alat emotiv epos, dan pengenalan dasar mengenai software openvibe.

2.1.1 Brain Computer Interface

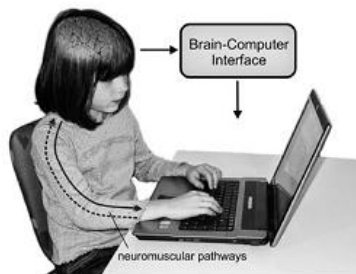
Brain Computer Interface adalah sebuah sistem buatan yang memungkinkan komputer untuk mendapatkan perintah dari otak yang berupa sinyal secara langsung dan melanjutkan perintah tersebut kepada aktivitas yang dituju tanpa harus melewati saraf alami manusia [1].

Sejak ditemukan cara untuk membaca gelombang otak manusia melalui metode Electro Encephalography pada tahun 1929, beberapa spekulasi telah dicanangkan para ilmuwan bahwa gelombang otak dapat ditranslasikan secara langsung menjadi perintah tanpa harus melalui saraf alami, bahkan dapat digunakan untuk membaca pikiran, penelitian tentang Brain Computer Interface yang didukung oleh semakin murahnya perangkat komputer menimbulkan perkembangan yang pesat di bidang Brain Computer Interface [2].

Dalam sejarah penelitiannya, Brain Computer Interfaces dibagi menjadi 2 macam yaitu Invasive dan Non Invasive berdasarkan metode penelitiannya masing masing [1][2]. Invasive Brain Computer Interface melibatkan penanaman elektroda kedalam otak pasien yang lumpuh, penanaman

elektroda di korteks otak monyet, dan lain sebagainya dengan tujuan memperkecil noise yang didapat dari gelombang otak sehingga hasil lebih akurat dan maksimal [8]. Namun karena prosedur yang rumit dan berbahaya serta sebagian kelompok menentang ke-etis-an metode invasive Brain Computer Interface, maka dikembangkan metode Non-Invasive Brain Computer Interface [1]. Non Invasive Brain Computer Interface adalah metode perekaman gelombang otak yang tidak melibatkan alterasi pada tubuh manusia melainkan hanya mengambil gelombang otak lewat elektroda yang ditempel di kulit kepala [1].

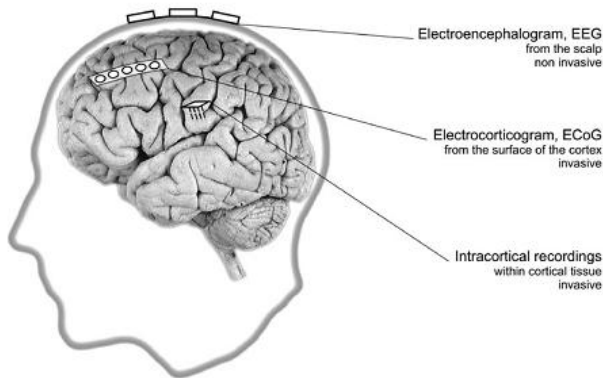
Brain Computer Interface memungkinkan seseorang yang memiliki kekurangan dalam berinteraksi dengan benda sekitar karena Brain Computer Interface membuat jalan pintas untuk perintah otak dalam beraktivitas. Pada Gambar 2.2, digambarkan bahwa Brain Computer Interface mentranslasikan aktivitas otak menjadi input langsung kedalam komputer tanpa melewati saraf otot alami.



Gambar 2.2 Ilustrasi BCI sebagai Jalur Baru [1]

Brain Computer Interface dapat menggunakan berbagai macam sinyal otak sebagai inputnya misalnya Electro Encephalogram (EEG), Electro Corticogram (ECoG), dan lain sebagainya [1][4]. Namun Brain Computer Interface yang sering dipakai untuk kebutuhan sehari-hari biasanya adalah

Brain Computer Interface yang berbasis Electro Encephalogram (EEG) karena Brain Computer Interface tersebut bersifat non-invasive atau tidak memerlukan alterasi pada tubuh manusia untuk mendapatkan sinyal tersebut [2]. Adapun Brain Computer Interface yang bersifat invasive yaitu memerlukan alterasi pada tubuh manusia untuk mendapatkan sinyalnya, seringkali menggunakan sinyal Electro Corticogram (ECoG) yang memerlukan alat pembaca sinyal untuk ditempelkan pada korteks (bagian luar) otak [2] seperti digambarkan pada Gambar 2.3

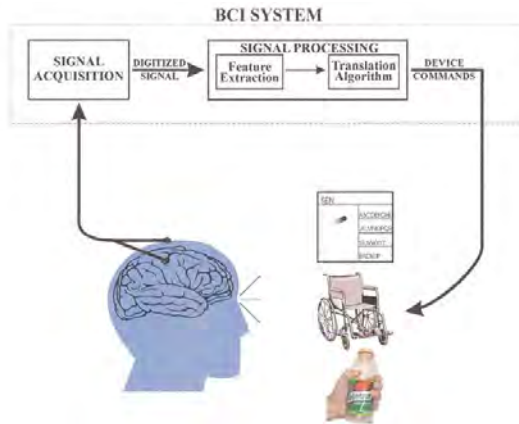


Gambar 2.3 Jenis Gelombang Otak berdasarkan Metode Perekaman [1]

Saat ini, Brain Computer Interface dapat mengakses informasi mencapai kecepatan hingga 22.85 ± 1.85 bits/min [9]. Kecepatan akses informasi yang sangat terbatas tersebut sangat berharga bagi orang yang fungsi otaknya sudah melemah karena memungkinkan orang tersebut untuk berinteraksi dengan mudah meskipun dengan kecepatan respon yang terbatas [2].

Cara kerja Brain Computer Interface dapat dengan mudah dipahami pada Gambar 2.4, gambar tersebut menjelaskan bahwa sinyal dari otak akan melalui proses digitasi dan

translasi untuk dapat diartikan menjadi sebuah perintah pada komputer. Proses digitasi sinyal ini memerlukan sebuah amplifier untuk memperkuat sinyal yang didapat karena sinyal EEG yang didapat dari kulit kepala sangat kecil kekuatannya [1].



Gambar 2.4 Bagaimana cara BCI bekerja [2]

Terdapat berbagai produk Brain Computer Interface yang portable dan tergolong murah harganya, salah satu contohnya adalah produk EPOC milik Emotiv yang dikomersilkan dan mendapat respon yang baik dari public [10]. Alat ini dianggap cukup untuk melakukan aktivitas sederhana dalam komputer meskipun jumlah elektrodanya terbatas dan banyak fungsi potensial dari Brain Computer Interface yang tidak dapat diakomodasi oleh EPOC.

Brain Computer Interface memiliki banyak kegunaan, dilihat dari sektor hiburan maupun medis. Berbagai kegunaan tersebut antara lain: Alat kontrol game, Pengendali kursi roda, alat bantu dengar, pengendali tangan palsu dan lain lain [2][3][5]. Dengan potensi yang sangat besar ini, penelitian lebih lanjut mengenai Brain Computer Interface dan potensinya akan sangat membantu manusia dalam menyelesaikan tugasnya.

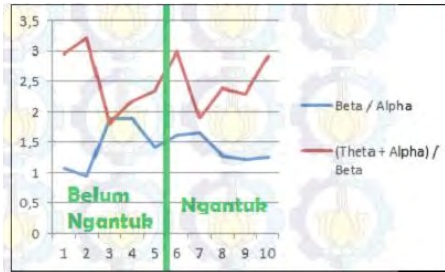
2.1.2 Electro Encephalogram

Seluruh aktivitas didalam tubuh manusia memerlukan perintah dari otak, dan membutuhkan saraf untuk melanjutkan perintah tersebut ke bagian tubuh yang diperlukan [1]. Perintah otak tersebut dapat ditangkap dalam bentuk sinyal oleh alat penangkap gelombang otak. Salah satu sinyal tersebut adalah Electro Encephalogram (EEG). Sinyal EEG bisa didapatkan melalui aktivitas elektrik yang terjadi di kulit kepala, aktivitas tersebut ditangkap oleh alat tertentu untuk direkam. Aktivitas perekaman gelombang otak melalui kulit kepala disebut dengan Electro Encephalography [1].

Electro Encephalogram pertama ditemukan oleh seorang ilmuwan berkebangsaan Jerman bernama Hans Berger melalui spekulasinya dari penelitian yang diberi judul “Elektrenkephalogramm” pada tahun 1929 tentang kemungkinan membaca pikiran melalui analisis Electro Encephalogram menggunakan metode matematis yang kompleks [8]. Dari penelitian itulah, timbul beberapa spekulasi mengenai potensi Electro Encephalogram untuk membantu meringankan kehidupan manusia. Berbagai film sains fiksi pun membuat cerita mengenai penggunaan EEG untuk mengendalikan pesawat, telekinesis dan lain sebagainya, salah satunya adalah serial TV terkenal Star Trek [1]. Berbagai penelitian pun muncul semenjak populernya spekulasi mengenai EEG tersebut, seperti penggunaan EEG untuk mendeteksi tingkat kantuk, mood, dan frekuensi tidur [1][6][11].

Gambar 2.5 adalah contoh hasil perekaman gelombang otak dengan Electro Encephalography yang sudah diolah dengan metode tertentu yang dapat menunjukkan perubahan pola gelombang otak manusia ketika memasuki kondisi mengantuk [11]. Penelitian EEG memiliki potensi yang sangat besar

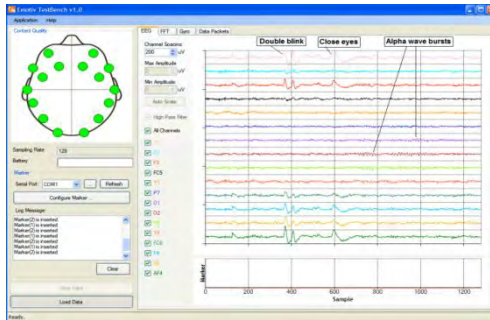
karena seluruh aktivitas manusia pasti dikendalikan oleh otak, dari bernafas, jantung berdetak, berjalan, tidur, dan lain sebagainya [1][2].



Gambar 2.5 Hasil Perekaman Gelombang Otak [11]

Gambar 2.6 adalah contoh data mentah EEG yang didapat dari aplikasi testbench untuk Emotiv EPOC [12]. Data mentah tersebut dapat diolah untuk didapatkan informasinya sehingga data mentah tersebut dapat menjadi input untuk komputer dan dapat ditranslasikan menjadi suatu perintah.

EEG dapat digunakan bersama Brain Computer Interface dalam melakukan aktivitas di komputer jika telah melalui training, karena komputer hanya dapat mengklasifikasikan pola gelombang otak yang telah di asosiasikan dengan aktivitas yang spesifik dan tidak dapat mengtranslasikan data mentah tanpa acuan input. Sehingga cara untuk menggunakan Brain Computer Interface berbasis EEG adalah melatih pengguna alat untuk berkonsentrasi mengenai aktivitas tertentu dan direkam pola gelombang otaknya, setelah melalui banyak pelatihan dan pengambilan data, komputer akan menentukan batas atau threshold gelombang otak lalu dikorelasikan dengan aktivitas yang telah ditentukan sebelumnya [1].



Gambar 2.6 Data Mentah EEG dari Emotiv Testbench [12]

Dalam EEG, gelombang otak dibagi menjadi 4 yaitu : delta, theta, alpha, beta. Gelombang delta muncul ketika tidur, gelombang theta muncul ketika tidur nyenyak dan dalam kondisi tidur rileks hingga bermimpi, gelombang alpha muncul ketika keadaan tenang dan santai, gelombang beta muncul ketika kondisi aktivitas aktif berpikir [6].

Kombinasi EEG dengan perangkat Brain Computer Interface dapat membuka potensi yang lebih besar dari otak manusia dan komputer. Dengan penelitian lebih lanjut, Brain Computer Interface berbasis EEG dapat menciptakan paradigma baru dalam penggunaan komputer di kehidupan manusia.

2.1.3 Emotiv EPOC

Emotiv adalah sebuah perusahaan bioinformatika yang bergerak di bidang penggunaan EEG untuk penelitian pemahaman otak manusia. Ditemukan pada tahun 2011, Emotiv merupakan pelopor perusahaan yang bergerak di bidang wearable device yang spesifik untuk penggunaan potensi EEG [17]. Emotiv ditemukan oleh professor di bidang neurology Allan Snyder, desainer chip Neil Weste, dan dua technopreneur Tan Le dan Nam Do [14].

Salah satu produk Emotiv adalah Emotiv EPOC. Yaitu perangkat yang dipasang di kepala yang memiliki 16 elektroda untuk merekam gelombang otak menggunakan metode Electro Encephalography dan mengirimkan data secara wireless ke komputer yang terhubung seperti terlihat pada Gambar 2.7. Alat ini dapat digunakan sebagai bahan penelitian, alat kontrol game, terapi saraf, riset pasar dan lain sebagainya [18].



Gambar 2.7 Bentuk Emotiv EPOC [18]

Alasan digunakannya alat ini adalah karena ketersediaannya di Laboratorium E-Business dan kemampuan alat yang memungkinkan dilakukannya pelatihan untuk aktivitas spesifik di komputer serta ketersediaan SDK dari emotiv yang cukup.

2.1.4 OpenViBE

OpenViBE adalah sebuah platform open-source yang digunakan untuk mengembangkan aplikasi Brain Computer Interface [19]. Platform ini dapat digunakan oleh siapa saja meskipun pengguna sama sekali tidak memiliki kemampuan pemrograman.

Platform ini mengandalkan fitur reusability dan modularity yaitu pengguna tinggal menggunakan kembali objek yang

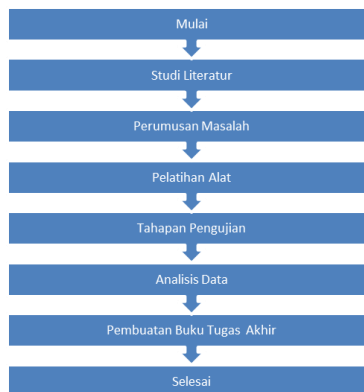
BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

Bagian ini menjelaskan metodologi yang digunakan dalam pengerjaan tugas akhir ini. Metodologi ini diperlukan sebagai panduan secara sistematis dalam pengerjaan tugas akhir. Bab ini juga berisi peralatan dan bahan yang digunakan untuk menunjang penelitian.

3.1 Urutan Pelaksanaan Proses Penelitian

Urutan pelaksanaan penelitian dapat dilihat pada Gambar 3.1 diawali dengan studi literatur untuk mendapatkan referensi tentang penelitian terdahulu dan perumusan masalah untuk menentukan tujuan penelitian dan diakhiri dengan pembuatan buku tugas akhir yang berisi tentang kesimpulan dari hasil penelitian.



Gambar 3.1 Tahapan Pengerjaan Tugas Akhir

3.1.1 Studi Literatur

Studi literatur dilakukan sebagai dasar dalam penelitian ini. Studi literature adalah proses dari pengerjaan Tugas Akhir yang melibatkan pencarian dasar teori, permasalahan, solusi, serta perkembangan penelitian Brain Computer Interface. Penelitian ini diawali dengan membaca berbagai literature mengenai penelitian Brain Computer Interface. Studi literature juga dilakukan untuk mengetahui penelitian apa saja yang telah dilakukan dalam bidang Brain Computer Interface. Studi literature dilakukan dengan membaca jurnal, buku, dan artikel yang membahas mengenai Brain Computer Interface. Keluaran dari studi literature ini adalah perumusan masalah dan dasar teori mengenai analisis gelombang electro encephalogram ketika manusia hendak melakukan aktivitas. Berikut adalah uraian singkat tentang berbagai sumber yang mendasari Tugas Akhir ini:

1. Brain-Computer Interfaces Revolutionizing Human Computer Interaction [1]
Literatur ini menyebutkan tentang potensi Brain Computer Interface untuk mempermudah kegiatan manusia serta membantu pemulihan kesehatan manusia.
2. Prosthetic Control by an EEG-based Brain-Computer Interface (BCI) [3]
Literatur ini menyebutkan bahwa aplikasi Brain Computer Interface dapat menyelesaikan tugas dengan tingkat akurasi yang cukup.

3.1.2 Perumusan Masalah

Perumusan masalah dilakukan setelah studi literature dilakukan. Dari keluaran studi literature yaitu dasar teori dan

penelitian terdahulu mengenai Brain Computer Interface, telah dirumuskan masalah yaitu, Bagaimana BCI dapat mengenali dan membedakan aktivitas yang hendak dilakukan manusia? Sedangkan tujuan penelitian ini adalah menjawab pertanyaan tersebut dengan mengetahui bagaimana Brain Computer Interface dapat mengenali dan membedakan gelombang otak dan menghubungkan dengan aktivitas tertentu yang telah didefinisikan.

3.1.3 Pelatihan Alat

Tahap pelatihan alat dilakukan dengan menjalankan skenario motor imagery with CSP filter didalam Openvibe. Tahap ini diperlukan untuk mengambil data acuan berupa gelombang otak dan dijadikan parameter yang memicu Brain Computer Interface untuk mentranslasikan gelombang otak tersebut menjadi aktivitas dalam komputer. Dalam tahap pelatihan alat ini, hanya digunakan satu subjek untuk direkam gelombang otaknya karena setiap manusia memiliki gelombang otak yang berbeda beda [11][15]. Pelatihan alat ini dilakukan melalui beberapa tahap yaitu :

1. Perekaman data EEG
2. Pelatihan CSP Filter
3. Pelatihan SVM classifier

Tahap – tahap tersebut dijalankan melalui 3 skenario yang berbeda dengan Openvibe namun berada dalam satu rangkaian skenario.

Terdapat dua aktivitas yang akan dilatihkan terhadap alat ini yaitu menggerakkan tangan kiri, dan menggerakkan tangan kanan. Pelatihan dua aktivitas ini terhadap alat bertujuan untuk mencari bukti apakah alat Emotiv EPOC dapat mengenali dan membedakan gelombang EEG dari dua aktivitas yang berbeda.

Perekaman data EEG dilakukan dengan prosedur pelatihan yang akan disebutkan dalam sub bab 3.1.3.1.

3.1.3.1 Prosedur Pelatihan

Pelatihan alat harus dilakukan dengan mengikuti prosedur pelatihan. Prosedur pelatihan dibuat sebagai panduan dalam melakukan proses pelatihan alat agar data konfigurasi yang didapatkan dari pelatihan menggunakan scenario openvibe menjadi data acuan yang baik dan reliable.

Bagian ini adalah daftar prosedur pelatihan yang dibuat sebagai panduan dalam melakukan proses pelatihan alat.

1. Pastikan elektroda Emotiv EPOC dalam keadaan siap pakai dengan kondisi baik, mudah untuk dipasang, dan telah dibasahi dengan cairan saline solution.
2. Pastikan Emotiv EPOC dalam kondisi baterai telah terisi penuh dan siap digunakan.
3. Pastikan USB receiver Emotiv EPOC terhubung dengan PC.
4. Pastikan SDK Emotiv EPOC dapat mengenali alat Emotiv EPOC dan terhubung dengan baik.
5. Pasang alat Emotiv EPOC di kepala seperti memasang helm, jangan meregangkan alat karena peregangan berlebih dapat merusak alat.
6. Pastikan mayoritas indicator elektroda pada SDK Emotiv EPOC telah berwarna hijau yang menandakan elektroda telah terhubung dengan baik dan dapat menerima gelombang otak.
7. Jalankan Openvibe acquisition server, pilih driver Emotiv EPOC lalu klik connect dan play. Pastikan acquisition server dapat menerima sinyal dari Emotiv EPOC.
8. Buka scenario signal acquisition mi-csp-1-acquisition.xml dalam direktori share di instalasi openvibe.
9. Posisikan tangan dalam kondisi telungkup diatas meja dengan santai tidak menahan gerakan.

10. Posisikan kaki menekuk santai seperti biasa saat sedang duduk diatas kursi.
11. Pastikan kondisi pikiran subyek dalam keadaan tenang.
12. Jalankan scenario `mi-csp-1-acquisition.xml`.
13. Skenario akan memunculkan tanda panah kiri dan kanan dengan urutan acak, ketika tanda panah arah kiri muncul, subyek harus mengimajinasikan gerakan mengangkat telunjuk kiri hingga tanda panah arah kiri tidak terlihat. Jika tanda panah arah kanan muncul, subyek harus mengimajinasikan gerakan mengangkat jari kaki kanan hingga tanda panah arah kanan tidak terlihat.
14. Jika scenario perekaman data EEG sudah selesai, `openvibe` akan membuat file berisi rekaman dengan ekstensi `.ov`.
15. Jalankan scenario `mi-csp-2-train-CSP.xml` dengan merubah input pada box Generic Stream Reader dengan file `.ov` yang didapatkan dari perekaman data EEG sebelumnya. Jika scenario `mi-csp-2-train-CSP.xml` telah selesai, `openvibe` akan membuat file berisi konfigurasi CSP dengan format `.cfg`.
16. Jalankan scenario `mi-csp-3-classifier-trainer.xml` dengan merubah input pada box Generic Stream Reader dengan file `.ov` yang didapatkan dari perekaman data EEG sebelumnya. Ubah konfigurasi box CSP Filter dengan nama file `.cfg` yang didapatkan dari scenario `mi-csp-2-train-CSP.xml`. Lalu ubah algoritma yang digunakan dalam box Classifier Trainer menjadi SVM. Tambahkan DSP filter `x-0.5`. Jika scenario `mi-csp-3-classifier-trainer.xml` telah selesai, `openvibe` akan membuat file berisi konfigurasi classifier SVM dengan format `.cfg`.
17. Pelatihan selesai dengan didapatkannya file `.cfg` dari scenario CSP dan Classifier Trainer.

3.1.4 Tahap Pengujian

Tahap pengujian dilakukan ketika alat telah dilatih dan memiliki data acuan berupa gelombang otak yang disimpan dalam file .cfg hasil dari scenario pelatihan openvibe untuk dijadikan parameter pemicu dalam melakukan aktivitas di komputer.

Pengujian ini dilakukan dengan menjalankan scenario mi-csp-4-online.xml dengan menyesuaikan Simple DSP filter x-0.5 untuk menghasilkan output yang dapat diklasifikasikan oleh SVM classifier.

Pengujian dilakukan 10 kali setiap aktivitas dalam waktu 30 detik tiap pengujian dengan timeframe 5 detik. Setiap 5 detik, akan dimonitor apakah jendela visualisasi menampilkan tanda panah yang sesuai dengan aktivitas yang diminta, jika dalam waktu 5 detik jendela visualisasi data menampilkan tanda panah yang stabil maka pengujian berhasil di timeframe 5 detik tersebut, jika melebihi 5 detik maka dianggap gagal.

Hasil pengujian dicatat dengan format tabel 1 tabel per aktivitas dengan baris berisi jumlah pengujian dan kolom berisi timeframe 5 detik. Untuk mendapatkan hasil pengujian yang valid, diperlukan prosedur pengujian yang akan di terangkan di sub bab 3.1.4.1.

3.1.4.1 Prosedur pengujian

Prosedur pengujian memiliki prosedur yang sama dengan prosedur pelatihan dengan beberapa perubahan. Prosedur pengujian dibuat sebagai panduan dalam melakukan proses pengujian alat agar hasil uji dapat menjadi hasil yang valid.

Bagian ini adalah daftar prosedur pengujian yang dibuat sebagai panduan dalam melakukan proses pengujian.

1. Pastikan elektroda Emotiv EPOC dalam keadaan siap pakai dengan kondisi baik, mudah untuk dipasang, dan telah dibasahi dengan cairan saline solution.
2. Pastikan Emotiv EPOC dalam kondisi baterai telah terisi penuh dan siap digunakan.
3. Pastikan USB receiver Emotiv EPOC terhubung dengan PC.
4. Pastikan SDK Emotiv EPOC dapat mengenali alat Emotiv EPOC dan terhubung dengan baik.
5. Pasang alat Emotiv EPOC di kepala seperti memasang helm, jangan meregangkan alat karena peregangannya berlebih dapat merusak alat.
6. Pastikan mayoritas indikator elektroda pada SDK Emotiv EPOC telah berwarna hijau yang menandakan elektroda telah terhubung dengan baik dan dapat menerima gelombang otak.
7. Jalankan Openvibe acquisition server, pilih driver Emotiv EPOC lalu klik connect dan play. Pastikan acquisition server dapat menerima sinyal dari Emotiv EPOC.
8. Buka scenario signal acquisition `mi-csp-4-online.xml` dalam direktori share di instalasi openvibe.
9. Posisikan tangan dalam kondisi telungkup diatas meja dengan santai tidak menahan gerakan.
10. Posisikan kaki menekuk santai seperti biasa saat sedang duduk diatas kursi.
11. Pastikan kondisi pikiran subyek dalam keadaan tenang.
12. Jalankan scenario `mi-csp-4-online.xml`.
13. Skenario akan menampilkan tanda panah kiri dan kanan sesuai dengan gelombang EEG yang direkam oleh Emotiv EPOC.
14. Pengujian dilakukan dengan menginstruksikan subyek untuk mengimajinasikan gerakan tangan kiri dan kaki kanan seperti tahap pelatihan.

15. Pengujian dilakukan sebanyak 10 kali tiap aktivitas dengan lama 30 detik setiap sekali pengujian dengan timeframe pencatatan 5 detik
16. Setiap 5 detik sekali, jendela visualisasi dipantau jika menampilkan tanda panah yang sesuai dengan aktivitas yang diminta maka pengujian di timeframe 5 detik tersebut berhasil, jika melebihi timeframe 5 detik maka pengujian tersebut gagal.

3.1.4.2 Skenario Pengujian Tambahan

Untuk mengetahui apakah ada ciri khas dalam sinyal EEG yang spesifik untuk aktivitas tertentu, diperlukan pengujian yang melibatkan aktivitas lain ketika subyek melakukan aktivitas utama sehingga hasil pengujian dapat menjadi bukti apakah sinyal EEG yang direkam mengandung ciri khas sinyal EEG aktivitas tertentu.

Tahap ini dilakukan setelah tahap pengujian utama selesai dilakukan. Dengan prosedur pengujian yang sama seperti dijelaskan pada bab 3.1.4.1 namun dengan tambahan aktivitas berbeda yaitu :

1. Aktivitas imajinasi mengangkat jari telunjuk kanan secara bersamaan dengan imajinasi mengangkat jari telunjuk tangan kiri
2. Aktivitas imajinasi menganggukkan kepala secara bersamaan dengan imajinasi mengangkat jari telunjuk tangan kiri
3. Aktivitas imajinasi mengangkat jari kaki kiri secara bersamaan dengan imajinasi mengangkat jari kaki kanan
4. Aktivitas imajinasi menganggukkan kepala secara bersamaan dengan imajinasi mengangkat jari kaki kanan.

Keempat aktivitas tersebut digunakan dalam skenario pengujian tambahan untuk mengetahui apakah ada ciri khas

sinyal EEG ketika manusia melakukan aktivitas pergerakan tangan kiri dan pergerakan kaki kanan.

3.1.5 Analisis Data

Setelah dilakukan pengujian alat, tahap selanjutnya adalah analisis data. Dalam tahap ini, hasil pengujian yang didapat akan dianalisis dengan tujuan mengetahui penggunaan classifier processor pada openvibe dalam mengklasifikasikan gelombang otak baru berdasarkan data acuan yang telah didapat dan membuktikan bahwa bilamana BCI dapat mengenali dan membedakan dua aktivitas yang berbeda. Keluaran dari tahap analisis data adalah kesimpulan penelitian dengan bukti yang dicantumkan selama penelitian sehingga dapat diketahui bagaimana Brain Computer Interface dapat mengenali dan membedakan dua aktivitas yang berbeda yaitu menggerakkan tangan kiri dan menggerakkan kaki kanan.

3.1.6 Pembuatan Buku Tugas Akhir

Pada tahap ini, akan dilakukan pembuatan buku tugas akhir sebagai laporan hasil penelitian yang selanjutnya akan diajukan untuk sidang di laboratorium E-Business. Keluaran dari tahap ini adalah buku tugas akhir.

3.2 Bahan dan Peralatan yang Digunakan

Penelitian ini akan dilakukan dengan menggunakan bahan dan peralatan yang akan disebutkan pada sub bab 3.2.1 dan sub bab 3.2.2

3.2.1 Bahan

Bahan yang akan digunakan dalam penelitian ini adalah data rekaman EEG

3.2.2 Peralatan

Peralatan yang akan digunakan untuk menunjang penelitian ini adalah :

- Emotiv EPOC
- Software Openvibe
- Software Paket Emotiv SDK Research Edition
- Software Microsoft Word
- Software Notepad

BAB IV PERANCANGAN

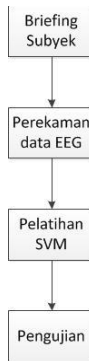
Bab perancangan ini akan menjelaskan beberapa tahap penting yang perlu diketahui sebelum mengimplementasikan penelitian agar penelitian dapat berjalan lancar seperti bagaimana penelitian akan dilakukan, bagaimana memilih subyek yang paling cocok untuk penelitian ini, bagaimana menyiapkan alat Emotiv EPOC agar siap digunakan dan berjalan dengan baik, bagian penting dari Emotiv EPOC, penjelasan scenario yang akan dijalankan dalam openvibe dan modifikasi skenario agar sesuai kebutuhan, serta proses pengambilan data yang berupa rekaman EEG dan proses pengolahan data tersebut melalui beberapa filter didalam software openvibe designer agar data dapat dengan mudah diklasifikasikan.

4.1 Tahapan Penelitian

Penelitian akan dilakukan dengan tahapan berikut sebagai garis besar penelitian. Tahapan penelitian dapat dilihat pada gambar 4.1

4.1.1 Briefing Subyek

Sebelum perekaman data EEG dimulai, subyek akan di beri penjelasan terlebih dahulu tentang apa yang akan dilakukan oleh subyek tersebut selama proses perekaman data. Subyek juga akan dijelaskan tentang seberapa lama perekaman data akan dilakukan.



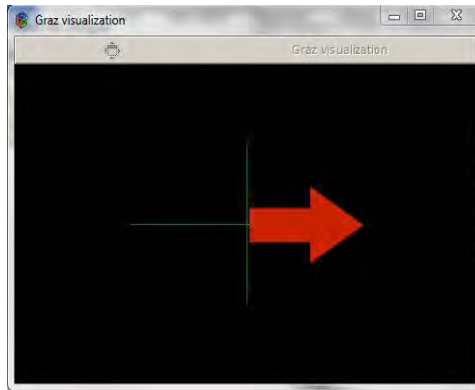
Gambar 4.1 Tahapan Penelitian

Subyek harus dalam keadaan tenang dan santai saat perekaman data EEG berlangsung. Subyek akan diberi penjelasan tentang posisi saat perekaman data EEG berlangsung dan aktivitas yang harus diimajinasikan ketika jendela visualisasi menunjukkan tanda panah arah kanan dan kiri.

Posisi subyek adalah duduk tegap dengan kedua tangan telungkup diatas meja dengan santai dan tidak menahan gerakan apapun serta kaki menekuk seperti saat duduk diatas kursi.

Subyek harus mengimajinasikan gerakan mengangkat jari telunjuk kiri ketika tanda panah arah kiri muncul dan harus segera menghentikan imajinasi tersebut ketika tanda panah arah kiri hilang.

Sama dengan tanda panah arah kiri, subyek harus mengimajinasikan gerakan mengangkat jari kaki kanan ketika tanda panah arah kanan muncul dan harus segera menghentikan imajinasi tersebut ketika tanda panah arah kanan hilang. Gambar saat tanda panah muncul dapat dilihat pada Gambar 4.2.



Gambar 4.2 Jendela visualisasi ketika proses perekaman data

Perekaman data EEG akan dilakukan selama 8 menit dengan 40 kali kemunculan tanda panah dengan arah acak.

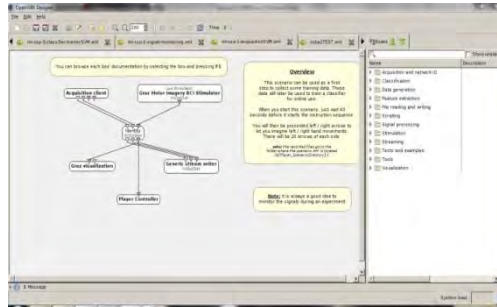
4.1.2 Perekaman Data EEG

Perekaman data EEG akan dilakukan dengan menjalankan skenario `mi-csp-1-acquisition.xml` di `openvibe`. Skenario ini menyimpan data EEG serta stimulasi arah kiri kanan dalam file berekstensi `.ov` yang dapat dibaca oleh box generic stream reader dalam `openvibe`.

Proses perekaman data EEG akan dilakukan selama 8 menit dengan 40 kali kemunculan tanda panah dengan arah acak, namun arah acak ini akan dicatat dalam stimulasi yang juga disimpan dalam file berekstensi `.ov` sehingga untuk proses pelatihan SVM, data EEG dapat dibagi dengan mudah berdasarkan kelasnya. Data diambil sebanyak 5 sesi setiap subyek.

Gambar 4.3 adalah penampakan dari skenario `mi-csp-1-acquisition.xml` dalam `openvibe`. Dalam skenario tersebut terdapat `graz bci stimulator` yang berfungsi untuk memberikan

stimulasi tanda panah arah kiri dan kanan secara acak namun tetap dapat dicatat dalam file berekstensi .ov untuk mempermudah proses pelatihan SVM.



Gambar 4.3 Skenario mi-csp-1-acquisition.xml

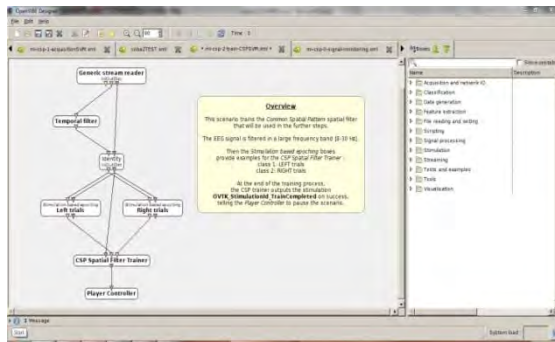
4.1.3 Pelatihan SVM

Ketika proses perekaman data EEG selesai, akan didapatkan file berekstensi .ov yang berisi data EEG beserta stimulasi tanda panah. Setelah itu, pelatihan baru dapat dilakukan. Sebelum pelatihan SVM classifier dilakukan, scenario pelatihan Common Spatial Pattern perlu dilakukan terlebih dahulu, common spatial pattern digunakan agar gap antara kedua sinyal yang berbeda lebih jelas dan data EEG akan lebih mudah untuk diklasifikasikan.

Pelatihan common spatial pattern dilakukan dengan menjalankan skenario mi-csp-2-train-CSP.xml. Input scenario ini adalah file berekstensi .ov yang dimasukkan dalam box generic stream reader.

Gambar 4.4 adalah penampakan skenario mi-csp-2-train-CSP.xml. Dalam skenario tersebut terdapat box yang membagi sinyal EEG berdasarkan aktivitas pergerakan tangan kiri dan kaki kanan dengan adanya stimulasi tanda panah yang terekam dalam file berekstensi .ov. Box CSP spatial filter trainer telah

disediakan oleh openvibe untuk membuat file konfigurasi common spatial pattern.

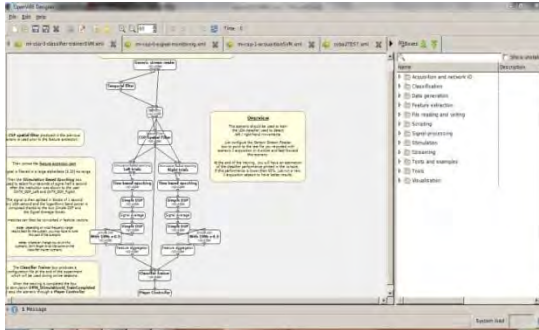


Gambar 4.4 Skenario mi-csp-2-train-CSP.xml

Setelah pelatihan common spatial pattern, pelatihan SVM dapat dilakukan dengan menjalankan skenario mi-csp-3-classifier-trainer.xml.

Pelatihan SVM classifier dilakukan agar SVM dapat mengklasifikasikan data baru kedalam kelas yang telah dilatihkan sehingga BCI akan dapat mengenali dan membedakan aktivitas pergerakan tangan kiri dan kaki kanan.

Gambar 4.5 adalah penampakan skenario mi-csp-3-classifier-trainer.xml. Dalam skenario tersebut terdapat box CSP filter yang berisi file konfigurasi hasil dari pelatihan CSP di skenario sebelumnya. CSP filter ini berguna dalam pelatihan svm untuk memperjelas gap antara kedua kelas sinyal yang berbeda.



Gambar 4.5 Skenario mi-csp-3-classifier-trainer.xml

Dalam skenario ini juga terdapat box yang membagi data EEG menjadi dua berdasarkan stimulasi kiri dan kanan. Untuk memakai algoritma klasifikasi SVM, diperlukan perubahan konfigurasi box classifier trainer menjadi SVM serta penambahan filter sinyal $x=0.5$ untuk SVM.

Data EEG berupa file berekstensi .ov dijadikan input dalam skenario mi-csp-3-classifier-trainer.xml untuk diambil fiturnya berdasarkan label kiri dan kanan serta nilai per detik setiap elektrodanya. Setelah melalui beberapa filter untuk membagi sinyal sesuai label, box feature aggregator berfungsi untuk menggabungkan fitur dari sinyal tersebut menjadi *feature vector*.

Classifier trainer dalam skenario ini bertugas untuk mencatat *feature vector* yang masuk dan memberi tanda berdasarkan label kiri dan kanan yang terekam dalam file berekstensi .ov.

File konfigurasi untuk classifier processor akan didapatkan setelah menjalankan skenario mi-csp-3-classifier-trainer.xml. File konfigurasi tersebut berisi *feature vector* dari setiap kelas. File tersebut digunakan sebagai file konfigurasi untuk box classifier processor dalam online testing. Box classifier processor dalam skenario pengujian akan memakai file

konfigurasi dari skenario `mi-csp-3-classifier-trainer.xml` sebagai data untuk membuat SVM classifier.

Jadi output dari skenario pelatihan SVM ini nantinya adalah sebuah file konfigurasi berisi *feature vector* yang digunakan oleh box classifier processor untuk membuat SVM classifier sehingga dapat digunakan untuk mengklasifikasikan data baru.

4.1.4 Pengujian

Setelah didapatkan file konfigurasi untuk classifier processor dan CSP filter, pengujian baru bisa dilakukan. Pengujian dilakukan dengan menjalankan skenario `mi-csp-4-online.xml`. Pengujian dilakukan untuk mengetahui seberapa efektif algoritma SVM dalam mengklasifikasikan data EEG baru berdasarkan data yang telah dilatihkan. Selain itu, pengujian juga dilakukan untuk mengetahui hal lain yang mempengaruhi kemudahan penggunaan BCI.

Skenario pada Gambar 4.6 adalah hasil modifikasi untuk memenuhi kebutuhan pengujian penulis. Modifikasi ini meliputi perubahan fungsi utama jendela visualisasi yang awalnya mengukur kekuatan sinyal berdasarkan tanda panah yang keluar secara acak dari LUA stimulator menjadi jendela visualisasi yang menampilkan tanda panah yang sesuai dengan hasil klasifikasi dari data EEG yang terekam secara real-time. Untuk filter sinyal dibuat sama dengan filter sinyal pada skenario `mi-csp-2-train-CSP.xml` dan `mi-csp-3-classifier-trainer.xml`, namun tidak ada filter sinyal berdasarkan stimulasi kiri dan kanan karena dalam pengambilan data secara real-time tidak ada stimulasi kiri dan kanan yang disertakan.

Cara yang sama dengan skenario pelatihan digunakan dalam skenario pengujian ini yaitu, mengambil fitur yang ada dalam sinyal yang direkam secara online, sinyal dipecah per detik oleh box time based epoching, lalu diproses oleh box feature

4.2 Pemilihan Subyek

Tahap pemilihan subyek dilakukan karena alat Emotiv EPOC didesain all-size dan tidak semua orang memiliki ukuran kepala sedang dan memiliki model rambut tipis yang cocok untuk memakai Emotiv EPOC agar seluruh elektroda mendapatkan penerimaan sinyal yang bagus. Namun, meskipun telah mengatur elektroda Emotiv EPOC sedemikian rupa, tetap saja sulit untuk mendapatkan penerimaan sinyal yang sama bagusnya di setiap elektroda. Maka dari itu, warna sinyal hijau dan kuning lebih dari 10 yang dapat dilihat di testbench emotiv dianggap cukup.

Pemilihan subyek dilakukan dengan cara trial and error. Setiap calon subyek yang menghendaki untuk dijadikan subyek akan dipasangkan alat Emotiv EPOC dan dilihat seberapa mudah pemasangan alat dan seberapa bagus penerimaan sinyal di tiap elektrodanya.

Subyek ada 2 orang karena setiap orang memiliki gelombang otak yang berbeda beda sehingga setiap orang harus dilatihkan sinyal EEG nya kepada setiap algoritma klasifikasi dan pengujian juga harus berdasarkan data acuan orang tersebut.

4.3 Persiapan Alat

Sebelum alat Emotiv EPOC digunakan, ada beberapa hal yang perlu disiapkan agar alat Emotiv dapat digunakan. Beberapa hal tersebut adalah :

1. Alat Emotiv EPOC harus di charge terlebih dahulu melalui kabel USB yang tersedia.
2. Felt sensor Emotiv EPOC harus dibasahi terlebih dahulu menggunakan air saline solution yang biasa digunakan untuk membersihkan lensa kontak. Felt sensor dapat dilihat pada Gambar 4.7.
3. Pasang felt sensor yang telah dibasahi ke tempat yang disediakan di alat Emotiv EPOC.

4. Pasang USB dongle pada komputer untuk menghubungkan Emotiv EPOC dengan komputer.
5. Nyalakan Emotiv EPOC, jika sudah dikenali oleh komputer maka Emotiv EPOC telah siap digunakan.

Pemberian air saline solution terkadang harus diulang kembali ketika elektroda sudah menangkap noise berlebih yang menandakan felt sensor mulai kering.



Gambar 4.7 Foto Felt Sensor

4.4 Persiapan Penerimaan Sinyal

Ketika Emotiv EPOC telah siap digunakan, dapat dipasangkan alat tersebut ke kepala subyek. Beberapa persiapan perlu dilakukan sebelum masuk ke tahap penerimaan sinyal yang akan direkam menjadi data untuk menjadi data latih SVM.

Kualitas sinyal yang diterima oleh tiap elektroda dapat dilihat pada aplikasi testbench yang termasuk dalam paket Emotiv SDK research edition. Kualitas sinyal dilambangkan dengan kode warna hijau sebagai kualitas sinyal paling baik hingga warna hitam sebagai elektroda yang tidak menerima sinyal sama sekali.

Pada saat penggunaan alat, ada kemungkinan Emotiv EPOC tidak mendapat sinyal hijau pada seluruh elektrodanya.

Namun, jika lebih dari 10 elektroda mendapat kualitas sinyal hijau atau kuning, maka sinyal yang didapat dianggap cukup untuk dilanjutkan ke tahap berikutnya.

4.5 Perancangan Skenario Openvibe

Penelitian ini menggunakan skenario dari beberapa contoh skenario yang diberikan oleh Openvibe untuk dapat digunakan kembali dan diambil fungsinya saja. Dalam kasus ini, contoh skenario yang dipakai adalah Motor Imagery with CSP. Fungsi dari contoh skenario ini adalah, melatih algoritma klasifikasi tertentu untuk dapat mengenali dan mengklasifikasikan data EEG saat pengguna memikirkan aktivitas pergerakan motorik.

Untuk menggunakan skenario ini, diperlukan beberapa perubahan untuk memenuhi kebutuhan penelitian. Perubahan tersebut termasuk merubah algoritma klasifikasi menjadi menggunakan SVM dan mengubah skenario online testing menjadi klasifikasi real-time.

Selain itu, input dari box acquisition client harus dihubungkan dengan openvibe acquisition server yang berfungsi untuk menerima data dari alat Emotiv EPOC. Openvibe acquisition server terlebih dahulu dijalankan dan diatur konfigurasinya agar dapat terhubung dengan alat Emotiv EPOC. Perlu diketahui bahwa openvibe acquisition server membutuhkan file `edk.dll` yang hanya ada dalam Emotiv SDK Research Edition untuk dapat menghubungkan diri dengan alat Emotiv EPOC.

Secara umum, cara kerja skenario yang telah dirubah sedemikian rupa ini sama dengan skenario awal yaitu melalui perekaman data, pelatihan CSP dan classifier processor, dan pengujian. Penjelasan lebih rinci dapat dilihat pada sub bab 4.1.2 hingga 4.1.4 yang menjelaskan tentang cara kerja setiap skenario hingga perincian perubahan skenario masing masing.

BAB V

IMPLEMENTASI

Bab implementasi ini menjelaskan bagaimana tahap-tahap penelitian diimplementasikan, termasuk hambatan dan rintangan yang dihadapi selama proses penelitian berjalan. Bab ini juga menjelaskan tentang cara melakukan penelitian secara teknis agar dapat dilakukan kembali dengan mudah.

5.1 Subyek yang Terpilih

Setelah melakukan percobaan ke beberapa calon subyek yang menghendaki untuk dilakukan percobaan kepada dirinya, terpilih satu subyek yang dapat memenuhi kebutuhan penelitian karena ukuran kepala yang cocok dan penerimaan sinyal yang selalu bagus setelah beberapa kali memakai alat Emotiv EPOC.

Subyek bernama Ryco Puji, seorang mahasiswa dari Jurusan Sistem Informasi ITS. Subyek menghendaki untuk dijadikan subyek penelitian dan dapat menerima dan melakukan aktivitas sesuai briefing dengan baik. Subyek juga dapat memakai alat Emotiv EPOC dengan baik terbukti dari penerimaan sinyal yang bagus pada setiap elektroda dari berkali kali pemakaian. Foto subyek ketika sedang memakai alat Emotiv EPOC dapat dilihat pada Gambar 5.1.

Subyek kedua adalah Fakhruzzaman, mahasiswa dari Jurusan Sistem Informasi yang juga bertindak sebagai penulis tugas akhir ini. Subyek kedua ini dipilih untuk menyatakan hasil tes apakah hasil tes tersebut true-positive atau false-positive. Karena tidak mungkin menyatakan hasil tes tersebut true-positive maupun false-positive apabila tidak dapat mengetahui hal yang sebenarnya sedang dipikirkan oleh subyek.



Gambar 5.1 Foto Subyek ketika Memakai Emotiv EPOC

5.2 Perekaman Data EEG

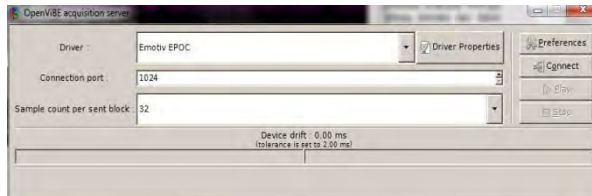
Perekaman data dilakukan pada saat subyek sedang santai dan tenang. Hal ini dilakukan agar tidak ada sinyal EEG yang tidak berkaitan dengan aktivitas imajinasi motorik dalam data EEG yang terekam.

Perekaman data dilakukan dengan mengikuti prosedur yang telah dijelaskan dalam sub bab 3.1.3.1 serta mengikuti briefing seperti dijelaskan di sub bab 4.1.1.

Proses perekaman data EEG berjalan dalam waktu 8 menit sesuai skenario. Proses perekaman dilakukan beberapa kali karena terkadang subyek terkena distraksi dari faktor eksternal yang menyebabkan data EEG tidak reliable untuk dijadikan data acuan. Maka dari itu proses perekaman data EEG dilakukan didalam ruangan yang minim gangguan dan di waktu yang renggang dan minim gangguan lainnya dalam kasus ini di ruang sidang laboratorium e-bisnis. Foto subyek ketika sedang menjalani proses perekaman data EEG dapat dilihat pada Gambar 5.2. Sebelum melakukan perekaman, Acquisition Server harus dijalankan terlebih dahulu agar dapat terhubung dengan box acquisition client. Cuplikan acquisition server yang sedang berjalan dapat dilihat pada gambar 5.3.



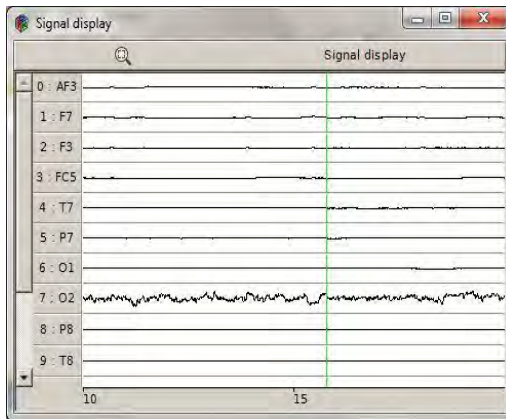
Gambar 5.2 Foto subyek ketika proses perekaman data EEG



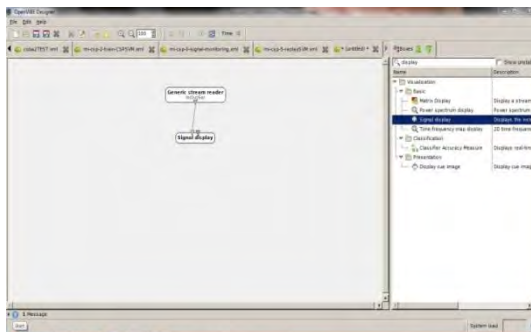
Gambar 5.3 Cuplikan Acquisition Server

Proses perekaman data EEG ini memberikan keluaran berupa file .ov yang dapat dibaca oleh box generic stream reader di openvibe. Cuplikan dari data EEG hasil perekaman ini dapat dilihat di Gambar 5.4. Gambar tersebut diambil langsung dari skenario sederhana yang berfungsi untuk menampilkan data mentah EEG di jendela visualisasi dalam openvibe. Skenario sederhana ini dapat dilihat di Gambar 5.5.

Hal yang harus dilakukan oleh subyek ketika perekaman data EEG adalah sesuai dengan briefing yang telah dijelaskan pada sub bab 4.1.1.



Gambar 5.4 Cuplikan data mentah EEG



Gambar 5.5 Skenario untuk menampilkan data mentah EEG

File berekstensi .ov yang didapatkan dari proses perekaman data mentah EEG selanjutnya dapat digunakan menjadi input untuk generic stream reader di proses selanjutnya yaitu pelatihan SVM.

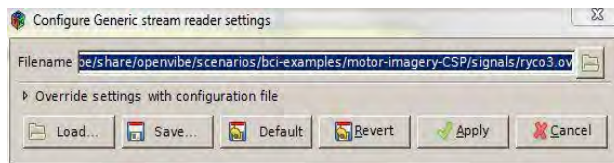
5.3 Pelatihan SVM

Proses selanjutnya adalah melatih SVM agar box classifier processor dapat mengklasifikasikan data EEG yang baru ke

dalam kelas kelas yang telah didefinisikan sehingga dapat membedakan aktivitas apa yang berkorelasi dengan sinyal EEG tertentu.

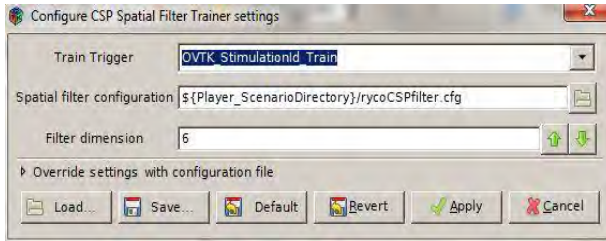
Untuk melakukan pelatihan SVM, terlebih dahulu menjalankan skenario pelatihan CSP filter. Guna dari CSP filter ini adalah untuk memperjelas jarak antara kelas satu dengan kelas lain. Proses pelatihan CSP filter dimulai dengan menjalankan skenario `mi-csp-2-train-CSP.xml`. Skenario tidak perlu diubah karena sudah memenuhi kebutuhan.

File berekstensi `.ov` yang telah didapatkan dari proses perekaman data EEG dimasukkan sebagai input dari proses ini. Untuk melakukan hal tersebut, ubah isi dari box generic stream reader dengan path yang menuju ke file berekstensi `.ov` tersebut. Konfigurasi box generic stream reader dapat dilihat pada Gambar 5.6.



Gambar 5.6 Konfigurasi generic stream reader 1

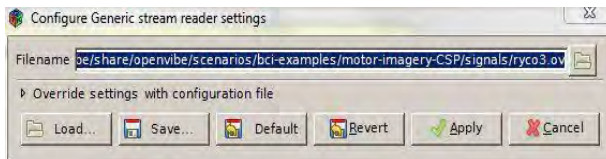
Sebelum menjalankan skenario `mi-csp-2-train-CSP.xml`, konfigurasi untuk penamaan file konfigurasi csp filter harus diubah terlebih dahulu agar tidak menimpa file konfigurasi sebelumnya. Untuk mengubah nama file tersebut, ubah isi dari konfigurasi di box CSP Spatial Filter Trainer menjadi nama file konfigurasi yang diinginkan, file konfigurasi ini akan digunakan sebagai input pada CSP filter di tahap selanjutnya. Konfigurasi box CSP Spatial Filter Trainer dapat dilihat pada Gambar 5.7.



Gambar 5.7 Konfigurasi CSP spatial filter trainer

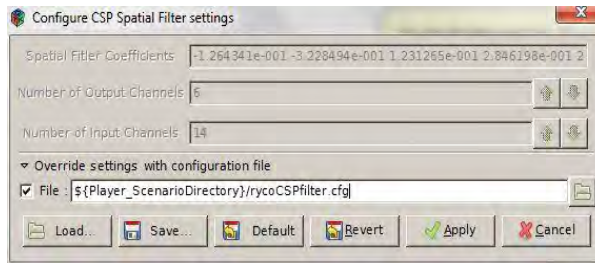
Setelah didapatkan file konfigurasi CSP filter untuk dijadikan input dalam box CSP filter, tahap pelatihan SVM dapat dijalankan. Untuk menjalankan tahap pelatihan SVM, jalankan skenario `mi-csp-3-classifier-trainer.xml` yang telah dimodifikasi sesuai dengan sub bab 4.1.3.

Seperti tahap sebelumnya, konfigurasi dari box generic stream reader diisi dengan file berekstensi `.ov` yang didapat dari tahap perekaman data EEG. Konfigurasi box generic stream reader dapat dilihat pada gambar 5.8.



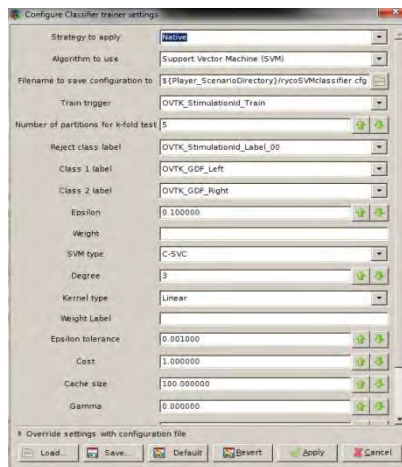
Gambar 5.8 Konfigurasi generic stream reader 2

Setelah itu, file konfigurasi CSP filter yang didapat dari skenario `mi-csp-2-train-CSP.xml` dijadikan sebagai input pada box CSP Spatial Filter. Konfigurasi box CSP Spatial filter dapat dilihat pada Gambar 5.9.



Gambar 5.9 Konfigurasi CSP Spatial Filter 1

Sebelum menjalankan skenario `mi-csp-3-classifier-trainer.xml`, konfigurasi untuk penamaan file konfigurasi SVM harus diubah terlebih dahulu agar tidak menimpa file konfigurasi sebelumnya. Untuk mengubah nama file tersebut, ubah isi dari konfigurasi di box Classifier trainer menjadi nama file konfigurasi yang diinginkan, file konfigurasi ini akan digunakan sebagai input pada Classifier processor di tahap selanjutnya. Selain itu, algoritma yang digunakan diubah menjadi SVM didalam box tersebut. Konfigurasi box Classifier Trainer dapat dilihat pada Gambar 5.10.

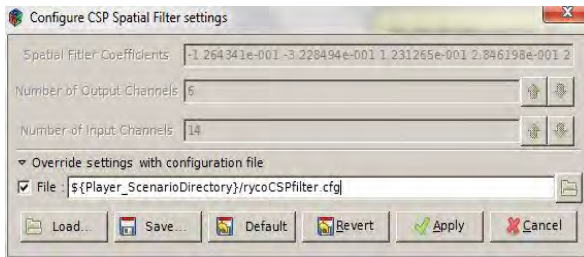


Gambar 5.10 Konfigurasi classifier trainer

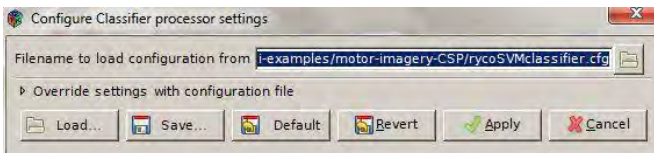
5.4 Pengujian

Tahap pengujian dapat dijalankan setelah mendapat file konfigurasi untuk CSP Filter dan SVM classifier processor untuk dijadikan pengaturan dari CSP Filter dan classifier processor dari skenario mi-csp-4-online.xml. Perubahan yang dilakukan pada skenario tersebut dapat dilihat pada sub bab 4.1.4.

Proses pengujian dilakukan dengan terlebih dahulu mengubah path konfigurasi pada box CSP filter dan box Classifier processor didalam skenario tersebut. Konfigurasi dari kedua box tersebut dapat dilihat pada Gambar 5.11 dan Gambar 5.12



Gambar 5.11 Konfigurasi CSP Spatial Filter 2



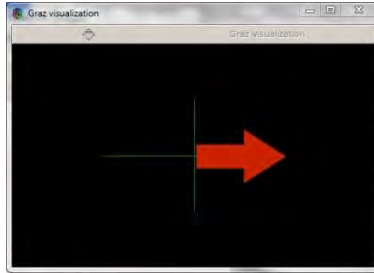
Gambar 5.12 Konfigurasi Classifier Processor

Proses pengujian dilakukan menurut prosedur yang telah dijelaskan pada sub bab 4.1.4 pada tanggal 10 Maret 2015 jam 11.15 hingga 12.00 di ruang sidang laboratorium E-Bisnis jurusan Sistem Informasi ITS dengan kondisi subyek tenang dan santai. Hasil pengujian dapat dilihat pada sub bab 6.1

Pengujian tambahan dengan skenario yang telah dijelaskan pada sub bab 3.1.4.2 dilakukan pada tanggal 13 April 2015 jam 15.00 hingga 16.00 di ruang sidang laboratorium E-Bisnis jurusan Sistem Informasi ITS dengan kondisi subyek tenang dan santai. Pengujian tambahan dilakukan untuk mengetahui apakah ada ciri khas tertentu dari suatu aktivitas dengan menambahkan *noise* berupa aktivitas lain yang diimajinasikan secara bersamaan.

Pengambilan data dan pengujian pada subyek Fakhruzzaman dengan skenario yang telah dijelaskan pada sub bab 3.1.4.2 dilakukan pada tanggal 5 hingga 14 Juni 2015 di ruang sidang laboratorium E-Bisnis.

Pengujian dilakukan dengan prosedur yang dijelaskan pada sub bab 3.1.4.1 dengan skenario yang sama. Selama pengujian, subyek diperintahkan untuk memikirkan skenario yang akan diuji. Lalu, penguji menjalankan stopwatch untuk melihat batas waktu serta memperhatikan timeframe 5 detik. Jika tanda panah pada jendela Graz Visualization menunjukkan arah yang sesuai dengan aktivitas yang diinginkan secara konstan kurang lebih 1 detik, maka pengujian di timeframe tersebut dinyatakan berhasil. Sebaliknya, jika tanda panah tidak menunjukkan arah yang sesuai dan melebihi timeframe 5 detik maka pengujian di timeframe tersebut dinyatakan gagal. Setiap aktivitas di setiap data, pengujian dilakukan sebanyak 10 sesi dengan batas waktu 30 detik setiap sesi.



Gambar 5.13 Jendela Graz Visualization Pengujian

5.5 Hambatan dan Rintangan

Pada tahap perekaman data EEG, kondisi subyek harus dalam keadaan sebaik baiknya karena data awal inilah yang akan dipakai sebagai data acuan untuk pengujian. Jika data awal yang didapatkan tidak baik, maka hasil pengujian akan tidak baik dan tidak akurat.

Selain itu, kualitas sinyal yang didapat setiap elektroda di Emotiv EPOC terkadang menjadi masalah. Hal ini juga dipengaruhi oleh rambut subyek dan kelembaban kulit kepala subyek. Selain itu banyak faktor eksternal lain yang dapat mempengaruhi kualitas sinyal serta noise sinyal yang terekam oleh setiap elektroda di Emotiv EPOC. Untuk menghindari noise, pastikan setiap felt sensor sudah dibasahi dengan cairan saline serta cek setiap 10 menit apakah felt sensor sudah kembali kering. Karena selama penelitian berjalan, kualitas sinyal yang buruk sering dipengaruhi oleh kelembaban felt sensor yang berkurang.

Emotiv EPOC yang tidak memiliki penempatan elektroda di bagian yang optimal untuk Motor Imagery menghambat penelitian karena bagian otak yang sinyalnya paling dibutuhkan untuk motor imagery tidak bisa didapatkan. Maka dari itu, hasil penelitian tidak sesuai yang diharapkan.

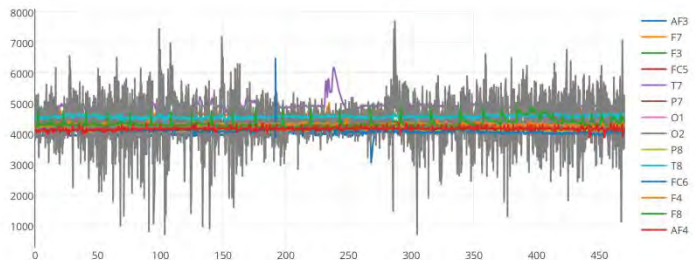
Kelemahan selanjutnya dari penelitian ini adalah noise sinyal yang seharusnya tidak perlu direkam seperti elektroda bagian Occipital dan Parietal lobe otak yang tidak berhubungan dengan Motor Imagery seharusnya difilter dan tidak dimasukkan menjadi data acuan.

BAB VI

HASIL DAN PEMBAHASAN

6.1 Hasil

Dari tahap perekaman data EEG, didapatkan data EEG berupa grafik berdasarkan waktu dan gelombang tiap elektrodanya. Grafik yang menggambarkan data EEG Ryco 1 dapat dilihat pada Gambar 6.1. Sedangkan data EEG lainnya dapat dilihat di bagian Lampiran A.



Gambar 6.1 Grafik data EEG Ryco 1

Gambar 6.1 menunjukkan kekuatan sinyal yang didapat dari setiap elektroda di Emotiv EPOC. Setiap elektroda tersebut dilambangkan oleh warna yang berbeda. Kekuatan sinyal tersebut nantinya akan diekstrak fiturnya untuk dijadikan *feature vector* yang digunakan oleh SVM dalam mengklasifikasikan data baru.

Terlihat pada Gambar 6.1 bahwa terdapat 14 elektroda pada Emotiv EPOC yang mendapatkan sinyal, namun setiap elektroda mendapatkan sinyal *bursts* yang berbeda beda. Hal ini disebabkan oleh bagian otak yang bekerja dengan berbeda satu sama lain. Dapat dilihat bahwa elektroda O1 dan O2 mendapatkan sinyal *bursts* yang sangat besar, hal tersebut karena elektroda O1 dan O2 menempel pada bagian otak yang mengatur penglihatan. Karena subyek menggunakan indra

penglihatannya ketika pengambilan data, maka bagian otak tersebut juga aktif. Kedua sinyal dari elektroda tersebut seharusnya dianggap noise dan tidak dimasukkan pada data acuan karena tidak berhubungan dengan aplikasi Motor Imagery.

Setelah classifier processor SVM mendapat data acuan berupa *feature vector* tahap pengujian baru dapat dilakukan. Tahap pengujian ini mengacu pada prosedur pengujian yang telah dijelaskan pada sub bab 3.1.4.1 ditambah dengan skenario tambahan yang dijelaskan pada sub bab 3.1.4.2 untuk menguji ada tidaknya ciri khas dari data EEG pada imajinasi gerakan tangan kiri dan kaki kanan.

Dari tahap pengujian, didapatkan hasil pengujian dari data EEG Ryco 1 sesuai dengan format tabel yang telah dijelaskan pada sub bab 4.1.4 dapat dilihat pada Tabel 6.1, Tabel 6.2, Tabel 6.3, Tabel 6.4, Tabel 6.5, dan Tabel 6.6. Sedangkan hasil pengujian untuk data lainnya dapat dilihat di bagian Lampiran B.

Angka 0 pada tabel dapat diartikan bahwa hasil tidak sesuai yang diinginkan pada timeframe tersebut sedangkan angka 1 dapat diartikan bahwa hasil pada timeframe tersebut sesuai yang diinginkan.

Kolom no paling kiri menunjukkan kali seberapa pengujian tersebut, karena ada 10 kali pengujian setiap skenario aktivitas, maka kolom no berisi angka 1 hingga 10.

Baris timeframe menunjukkan setiap 5 detik di satu kali pengujian, karena batas maksimal satu kali pengujian adalah 30 detik, maka timeframe berisi kelipatan lima mulai dari 5 hingga 30.

Tabel 6.1 Hasil Pengujian Skenario 1 dan Skenario 2 : Aktivitas Pergerakan Tangan Kiri dan Aktivitas Pergerakan Tangan Kanan

	Timeframe					
no	5	10	15	20	25	30
1	0	1	1	0	1	1
2	1	0	1	0	0	0
3	0	1	1	0	0	0
4	0	1	1	1	1	0
5	0	1	1	1	1	1
6	1	1	1	1	1	1
7	1	1	1	1	1	1
8	1	1	0	1	1	1
9	1	1	1	1	1	1
10	1	1	1	1	1	1

	Timeframe					
no	5	10	15	20	25	30
1	1	1	1	1	1	1
2	1	1	1	1	1	0
3	1	1	1	1	1	1
4	1	1	1	0	1	1
5	1	1	1	0	1	1
6	1	1	0	1	1	1
7	1	1	1	1	1	1
8	1	0	1	1	1	1
9	1	1	1	1	1	1
10	1	1	1	1	1	1

Tabel 6.2 Hasil Pengujian Skenario 3 dan Skenario 4: Aktivitas Pergerakan Tangan Kiri dengan Tangan Kanan dan Aktivitas Pergerakan Tangan Kiri dengan Anggukan Kepala

	Timeframe					
no	5	10	15	20	25	30
1	0	1	0	0	0	0
2	0	1	0	0	0	0
3	1	0	0	0	1	0
4	0	0	0	0	0	0
5	0	0	0	1	0	0
6	0	0	0	1	0	1
7	0	1	0	0	0	1
8	0	0	1	0	1	0
9	1	1	0	0	0	0
10	1	1	0	0	1	1

	Timeframe					
no	5	10	15	20	25	30
1	0	0	1	1	0	0
2	1	0	0	1	1	0
3	0	0	0	0	0	1
4	0	0	0	0	0	0
5	0	0	0	0	0	0
6	0	0	0	0	0	0
7	0	0	0	0	0	0
8	0	0	0	0	0	0
9	0	0	0	0	0	0
10	0	0	1	0	1	0

Tabel 6.3 Hasil Pengujian Skenario 5 dan Skenario 6: Aktivitas Pergerakan Kaki Kanan dengan Kaki Kiri dan Aktivitas Pergerakan Kaki Kanan dengan Anggukan Kepala

No	Timeframe					
	5	10	15	20	25	30
1	0	1	0	0	1	0
2	0	1	1	1	1	0
3	0	0	0	0	1	1
4	1	1	1	1	1	1
5	1	1	1	1	1	1
6	1	1	1	1	1	1
7	0	0	1	1	1	1
8	0	0	0	0	0	1
9	0	0	1	1	0	0
10	1	0	1	0	0	1

no	Timeframe					
	5	10	15	20	25	30
1	0	1	0	1	0	1
2	1	1	0	0	0	1
3	1	1	1	0	1	1
4	0	1	1	0	1	1
5	1	1	1	1	0	1
6	0	0	0	1	1	1
7	1	1	0	0	0	1
8	0	0	1	1	1	1
9	1	1	0	0	0	0
10	0	0	0	0	0	0

6.2 Pembahasan

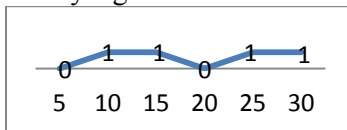
Setelah didapatkan hasil pengujian dan data EEG sebagai data acuan yang dipakai classifier processor SVM untuk mengklasifikasikan data baru kedalam kelas aktivitas yang berbeda, perlu dilakukan pembahasan mengenai hasil pengujian untuk mengetahui apakah openvibe dengan Emotiv EPOC dapat mengenali dan membedakan gelombang EEG pada dua aktivitas utama yang berbeda.

Untuk mengetahui apakah openvibe dengan Emotiv EPOC dapat mengenali dan membedakan gelombang EEG pada dua aktivitas utama yang berbeda, hasil pengujian setiap skenario aktivitas ditampilkan dalam bentuk persentase yang didapat dari jumlah keberhasilan dari setiap pengujian dan setiap timeframe.

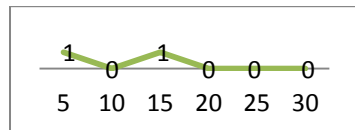
Dari Tabel 6.1 yaitu tabel yang berisi hasil pengujian skenario pergerakan tangan kiri, didapatkan persentase keberhasilan sebesar 76.67%. Hasil dari pengujian skenario pergerakan tangan kiri di setiap timeframe dapat dilihat pada Gambar 6.2, Gambar 6.3, Gambar 6.4, Gambar 6.5, Gambar 6.6, Gambar 6.7, Gambar 6.8, Gambar 6.9, Gambar 6.10, Gambar 6.11, dan Gambar 6.12 dengan penamaan gambar pengujian (nomor pengujian).(nomor skenario) yang berarti pengujian 1 skenario 1.

Diagram garis yang didapat dari hasil pengujian 1 hingga 10 pada skenario 1 menunjukkan bahwa, dalam skenario 1, classifier processor SVM sudah dapat mengklasifikasikan data EEG baru kedalam aktivitas yang sesuai dengan skenario 1. Selain itu, dilihat dari perkembangan dari setiap pengujian, faktor subyek dalam mengimajinasikan gerakan yang sama mungkin mempengaruhi hasil pengujian, semakin terbiasa subyek dalam mengimajinasikan gerakan tertentu, maka data EEG yang dihasilkan semakin konsisten.

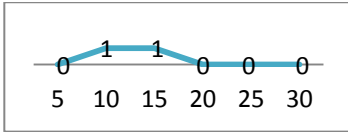
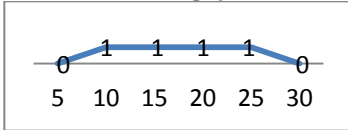
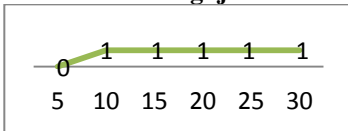
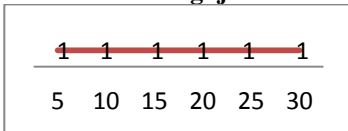
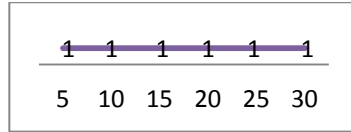
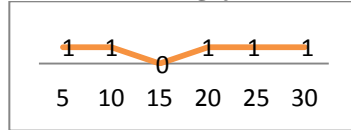
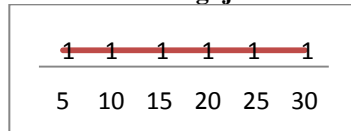
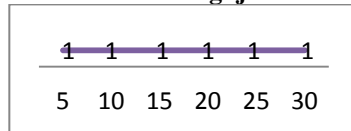
Hal ini sempat dinyatakan oleh penelitian terdahulu oleh Wolpaw pada tahun 2002 yang menyatakan bahwa kesuksesan implementasi BCI untuk melakukan aktivitas tertentu dipengaruhi oleh seberapa handal subyek dalam memproduksi sinyal EEG yang konsisten dalam melakukan aktivitas, bukan hanya handal dalam melakukan aktivitas tersebut [2]. Kegagalan dalam pengujian 8.1 di timeframe ketiga dapat dipengaruhi oleh distraksi yang dialami oleh subyek sehingga subyek tidak dapat berkonsentrasi dan memproduksi sinyal EEG yang konsisten.



Gambar 6.2 Pengujian 1.1

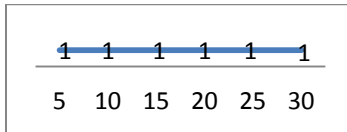


Gambar 6.3 Pengujian 2.1

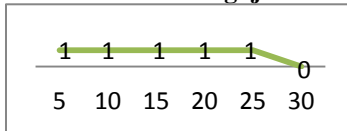
**Gambar 6.4 Pengujian 3.1****Gambar 6.5 Pengujian 4.1****Gambar 6.6 Pengujian 5.1****Gambar 6.7 Pengujian 6.1****Gambar 6.8 Pengujian 7.1****Gambar 6.9 Pengujian 8.1****Gambar 6.10 Pengujian 9.1****Gambar 6.11 Pengujian 10.1**

Dari Tabel 6.2 yaitu tabel yang berisi hasil pengujian skenario pergerakan kaki kanan, didapatkan persentase keberhasilan sebesar 91.67%. Hasil dari pengujian skenario pergerakan kaki kanan di setiap timeframe dapat dilihat pada Gambar 6.12, Gambar 6.13, Gambar 6.14, Gambar 6.15, Gambar 6.16, Gambar 6.17, Gambar 6.18, Gambar 6.19, Gambar 6.20, dan Gambar 6.21.

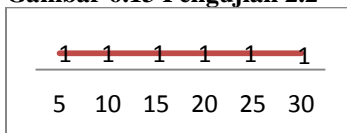
Diagram garis yang didapat dari hasil pengujian 1 hingga 10 pada skenario 2 menunjukkan bahwa, dalam skenario 2, classifier processor SVM sudah dapat mengklasifikasikan data EEG baru kedalam aktivitas yang sesuai dengan skenario 2. Tingkat keberhasilan yang lebih tinggi dari skenario sebelumnya dipengaruhi oleh kemampuan subyek yang dapat memproduksi sinyal EEG yang lebih konsisten dalam skenario ini.



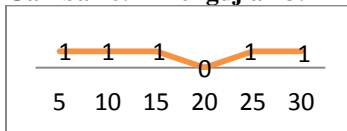
Gambar 6.12 Pengujian 1.2



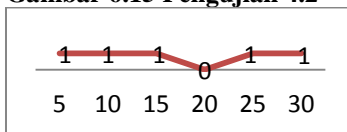
Gambar 6.13 Pengujian 2.2



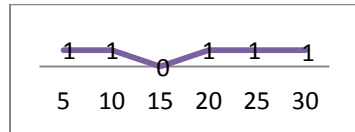
Gambar 6.14 Pengujian 3.2



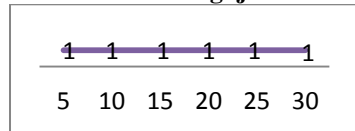
Gambar 6.15 Pengujian 4.2



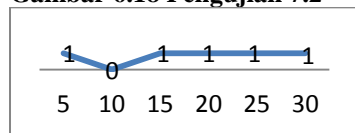
Gambar 6.16 Pengujian 5.2



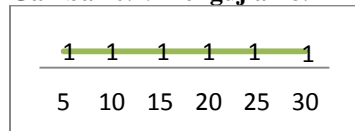
Gambar 6.17 Pengujian 6.2



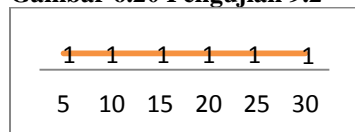
Gambar 6.18 Pengujian 7.2



Gambar 6.19 Pengujian 8.2



Gambar 6.20 Pengujian 9.2

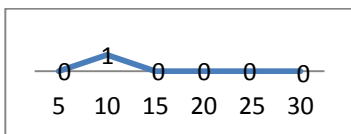


Gambar 6.21 Pengujian 10.2

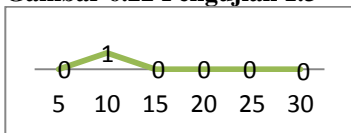
Dari Tabel 6.3 yaitu tabel yang berisi hasil pengujian skenario pergerakan tangan kiri dan tangan kanan secara bersamaan, didapatkan persentase keberhasilan sebesar 28.33%. Hasil dari pengujian skenario pergerakan tangan kiri dan tangan kanan secara bersamaan di setiap timeframe dapat dilihat pada Gambar 6.22, Gambar 6.23, Gambar 6.24, Gambar 6.25, Gambar 6.26, Gambar 6.27, Gambar 6.28, Gambar 6.29, Gambar 6.30, dan Gambar 6.31.

Diagram garis yang didapat dari hasil pengujian 1 hingga 10 pada skenario 3 menunjukkan bahwa, dalam skenario 3,

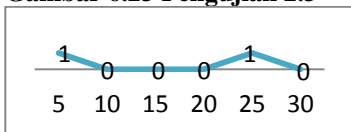
classifier processor SVM tidak dapat mengklasifikasikan data baru kedalam aktivitas yang dikehendaki yaitu aktivitas skenario 1 karena classifier processor tidak dapat mengenali adanya ciri khas data EEG pada aktivitas skenario 1 didalam aktivitas skenario 3 yang merupakan kombinasi aktivitas skenario 1 dengan aktivitas tambahan lain berupa imajinasi gerakan tangan kanan. Meskipun pada beberapa sesi pengujian terlihat bahwa pengujian berhasil di suatu timeframe, kemungkinan hasil tersebut hanyalah kebetulan.



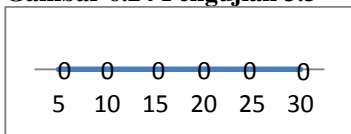
Gambar 6.22 Pengujian 1.3



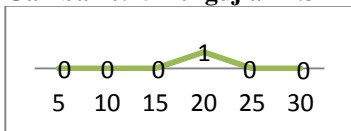
Gambar 6.23 Pengujian 2.3



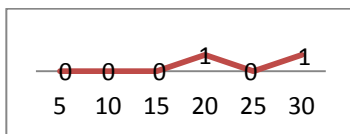
Gambar 6.24 Pengujian 3.3



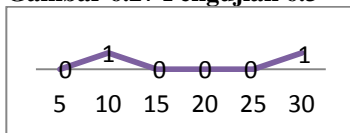
Gambar 6.25 Pengujian 4.3



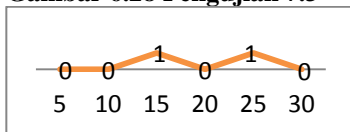
Gambar 6.26 Pengujian 5.3



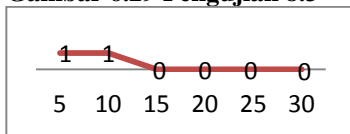
Gambar 6.27 Pengujian 6.3



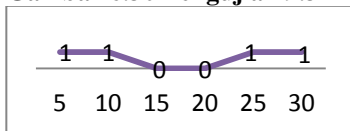
Gambar 6.28 Pengujian 7.3



Gambar 6.29 Pengujian 8.3



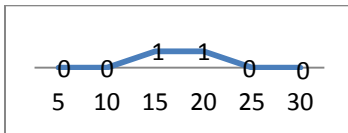
Gambar 6.30 Pengujian 9.3



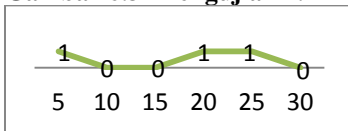
Gambar 6.31 Pengujian 10.3

Dari Tabel 6.4 yaitu tabel yang berisi hasil pengujian skenario pergerakan tangan kiri dan menganggukkan kepala secara bersamaan, didapatkan persentase keberhasilan sebesar 13.33%. Hasil dari pengujian skenario pergerakan tangan kiri dan menganggukkan secara bersamaan di setiap timeframe dapat dilihat pada Gambar 6.32, Gambar 6.33, Gambar 6.34, Gambar 6.35, Gambar 6.36, Gambar 6.37, Gambar 6.38, Gambar 6.39, Gambar 6.40, dan Gambar 6.41.

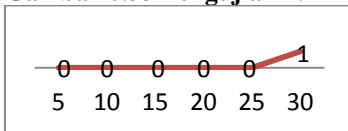
Diagram garis yang didapat dari hasil pengujian 1 hingga 10 pada skenario 4 menunjukkan bahwa, dalam skenario 4, classifier processor SVM tidak dapat mengklasifikasikan data baru kedalam aktivitas yang dikehendaki yaitu aktivitas skenario 1 karena classifier processor tidak dapat mengenali adanya ciri khas data EEG pada aktivitas skenario 1 didalam aktivitas skenario 4 yang merupakan kombinasi aktivitas skenario 1 dengan aktivitas tambahan lain berupa imajinasi anggukan kepala.



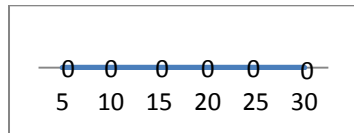
Gambar 6.32 Pengujian 1.4



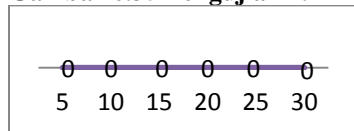
Gambar 6.33 Pengujian 2.4



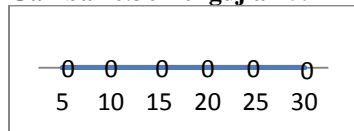
Gambar 6.34 Pengujian 3.4



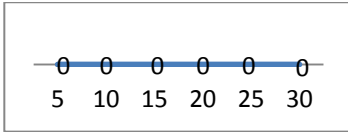
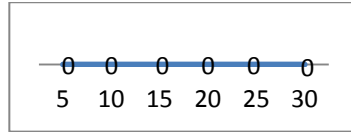
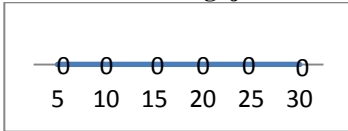
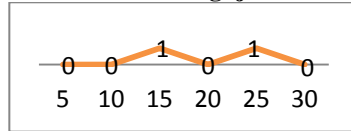
Gambar 6.35 Pengujian 4.4



Gambar 6.36 Pengujian 5.4

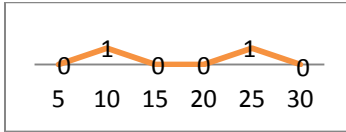


Gambar 6.37 Pengujian 6.4

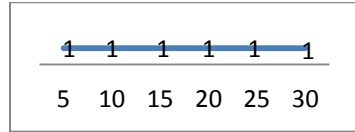
**Gambar 6.38 Pengujian 7.4****Gambar 6.40 Pengujian 9.4****Gambar 6.39 Pengujian 8.4****Gambar 6.41 Pengujian 10.4**

Dari Tabel 6.5 yaitu tabel yang berisi hasil pengujian skenario pergerakan kaki kanan dan kaki kiri secara bersamaan, didapatkan persentase keberhasilan sebesar 60%. Hasil dari pengujian skenario pergerakan kaki kanan dan kaki kiri secara bersamaan di setiap timeframe dapat dilihat pada Gambar 6.42, Gambar 6.43, Gambar 6.44, Gambar 6.45, Gambar 6.46, Gambar 6.47, Gambar 6.48, Gambar 6.49, Gambar 6.50, dan Gambar 6.51.

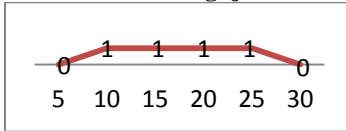
Diagram garis yang didapat dari hasil pengujian 1 hingga 10 pada skenario 5 menunjukkan bahwa, dalam skenario 5, classifier processor SVM dapat mengklasifikasikan data baru kedalam aktivitas yang dikehendaki yaitu aktivitas skenario 2. Terlihat pada sesi ke 4 hingga sesi ke 6, hasil pengujian 100 % positif, namun pada sesi ke 7 hingga sesi ke 10, hasil pengujian mulai terlihat rancu. Hal ini dapat dipengaruhi oleh tingkat kelelahan subyek karena tingkat kompleksitas skenario yang harus dilakukan terlalu tinggi sehingga subyek tidak dapat berkonsentrasi penuh terhadap skenario yang seharusnya dilakukan. Sedangkan salah satu faktor yang mempengaruhi kesuksesan klasifikasi data EEG oleh SVM adalah kemampuan subyek untuk mereproduksi data EEG yang hampir sama dengan data acuan [2].



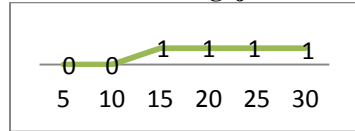
Gambar 6.42 Pengujian 1.5



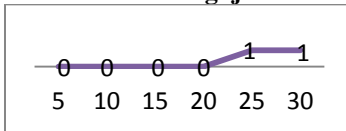
Gambar 6.47 Pengujian 6.5



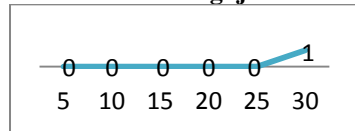
Gambar 6.43 Pengujian 2.5



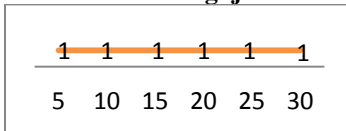
Gambar 6.48 Pengujian 7.5



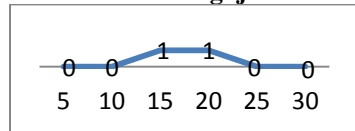
Gambar 6.44 Pengujian 3.5



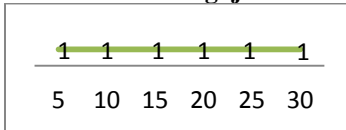
Gambar 6.49 Pengujian 8.5



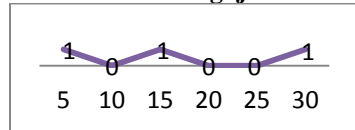
Gambar 6.45 Pengujian 4.5



Gambar 6.50 Pengujian 9.5



Gambar 6.46 Pengujian 5.5

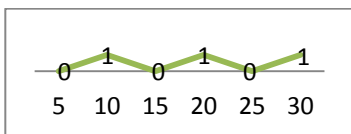


Gambar 6.51 Pengujian 10.5

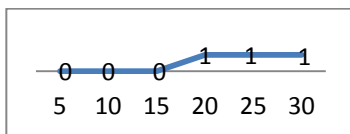
Dari Tabel 6.6 yaitu tabel yang berisi hasil pengujian skenario pergerakan kaki kanan dan menganggukkan kepala secara bersamaan, didapatkan persentase keberhasilan sebesar 53.33%. Hasil dari pengujian skenario pergerakan kaki kanan dan menganggukkan secara bersamaan di setiap timeframe dapat dilihat pada Gambar 6.52, Gambar 6.53, Gambar 6.54, Gambar 6.55, Gambar 6.56, Gambar 6.57, Gambar 6.58, Gambar 6.59, Gambar 6.60, dan Gambar 6.61.

Diagram garis yang didapat dari hasil pengujian 1 hingga 10 pada skenario 6 menunjukkan bahwa, dalam skenario 6,

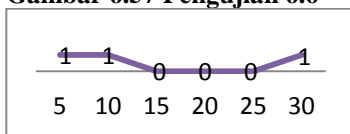
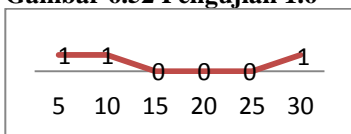
classifier processor SVM dapat mengklasifikasikan data baru kedalam aktivitas yang dikehendaki yaitu aktivitas skenario 2. Namun, diagram garis yang naik turun menunjukkan bahwa classifier processor tidak dapat mengenali adanya ciri khas data EEG pada aktivitas skenario 2. Hal ini dipengaruhi dari aktivitas tambahan yaitu anggukan kepala. Tetapi classifier processor tidak menganggap aktivitas tambahan sebagai noise, sehingga classifier processor tidak bisa mengklasifikasikan data EEG baru kedalam kelas yang sesuai dengan akurat.



Gambar 6.52 Pengujian 1.6

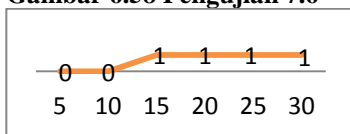
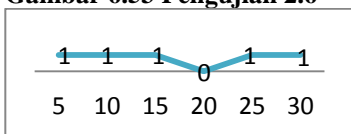


Gambar 6.57 Pengujian 6.6



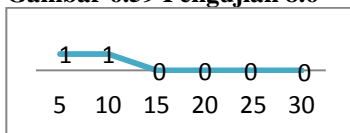
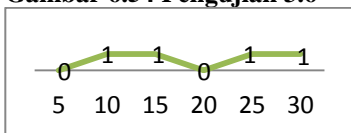
Gambar 6.53 Pengujian 2.6

Gambar 6.58 Pengujian 7.6



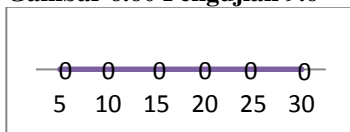
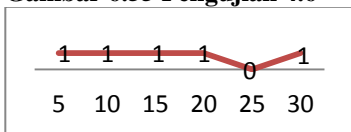
Gambar 6.54 Pengujian 3.6

Gambar 6.59 Pengujian 8.6



Gambar 6.55 Pengujian 4.6

Gambar 6.60 Pengujian 9.6



Gambar 6.56 Pengujian 5.6

Gambar 6.61 Pengujian 10.6

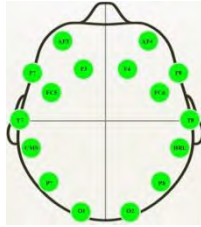
Tingkat keberhasilan skenario pergerakan kaki kanan yang lebih tinggi dibanding skenario pergerakan tangan kiri dapat juga dipengaruhi oleh *handedness* subyek. Hal ini dibuktikan dalam penelitian oleh Qing Gao pada tahun 2011 yang menyatakan bahwa keasimetrisan otak dalam *handedness* berpengaruh pada performa motor imagery [21]. *Handedness* merupakan kecenderungan seseorang untuk memakai salah satu tangan kanan ataupun tangan kiri secara natural [22].

Secara garis besar, classifier processor yang menggunakan SVM pada openvibe dapat mengklasifikasikan data EEG baru kedalam kelas yang telah ditentukan. Hal ini tentu didahului oleh proses pelatihan classifier processor sehingga classifier processor memiliki file konfigurasi yang berisi *feature vector* dari data EEG yang didapat dari proses akuisisi di awal penelitian.

Menurut Y. Wang pada tahun 2007, posisi elektroda yang optimal untuk motor imagery atau imajinasi gerakan adalah titik C3 dan C4 [23]. Sedangkan elektroda Emotiv EPOC tidak ada yang berada di posisi tersebut, untuk lebih jelas, pada Gambar 6.62 yang menunjukkan penempatan elektroda BCI dengan standar yang digunakan oleh Emotiv EPOC yaitu penempatan standar 10-20 serta Gambar 6.63 yang menggambarkan penempatan elektroda Emotiv EPOC.



Gambar 6.62 Penempatan Elektroda Sistem 10-20 [24]



Gambar 6.63 Penempatan Elektroda Emotiv EPOC [25]

Dapat dilihat pada Gambar 6.62 dan Gambar 6.63 bahwa ternyata Emotiv EPOC tidak memiliki elektroda pada posisi yang optimal untuk motor imagery. Namun Emotiv EPOC masih dapat digunakan untuk melakukan aktivitas motor imagery. Karena bagian otak yang digunakan untuk aktivitas motorik adalah Frontal Lobe [26]. Secara garis besar, sinyal yang didapatkan dari elektroda frontal lobe sudah dapat digunakan untuk aplikasi Motor Imagery meskipun tidak optimal dibandingkan dengan penempatan elektroda di titik C3 dan C4.

Salah satu faktor yang menyebabkan Emotiv EPOC tidak dapat mengenali aktivitas yang dimaksud ketika aktivitas tersebut dikombinasikan dengan aktivitas lain adalah penempatan elektroda Emotiv EPOC yang tidak optimal untuk motor imagery.

Selain itu, tahap akuisisi data juga merupakan tahap yang menentukan kesuksesan aplikasi motor imagery. Harus dipastikan bahwa pada saat tahap akuisisi data, alat Emotiv EPOC yang menempel pada kulit kepala subyek tidak mendapat gangguan apapun termasuk gerakan sederhana yang terjadi pada kulit kepala karena dapat mengganggu sinyal yang sedang diakuisisi.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Graimann, B., Allison, B. Z., Pfurtscheller, G., **Brain-Computer Interfaces Revolutionizing Human Computer Interaction**. Springer, 2010.
- [2] Wolpaw, J. R., Birbaumer, N., McFarland, D. J., Pfurtscheller, G., Vaughan, T. M., "Brain-computer Interfaces for Communication and Control," *Clin. Neurophysiol.*, 2002.
- [3] Guger, C., Harkam, W., Hertnaes, C., Pfurtscheller, G., "Prosthetic Control by an EEG-based Brain-Computer Interface (BCI)," 1999.
- [4] Guger, C., Schlogl, A., Neuper, C., Walterspacher, D., Strein, T., Pfurtscheller, G., "Rapid Prototyping of an EEG-Based Brain-Computer Interfaces (BCI)," 2001.
- [5] Fabiani, G. E., McFarland, D. J., Wolpaw, J. R., Pfurtscheller, G., "Conversion of EEG Activity Into Cursor Movement by a Brain Computer Interface (BCI)," 2004.
- [6] Shue, K., "Exploring the Brain and Brain Waves." [Online]. Available: <http://www.brainandhealth.com/Brain-Waves.html>. [Accessed: 11-Apr-2014].
- [7] Elbakyan, A., "Identify person by unique brain activity," 2009. [Online]. Available: <http://engineering.wordpress.com/2009/08/16/identify-person-by-unique-brain-activity/>. [Accessed: 04-Nov-2014].
- [8] Birbaumer, N., "Breaking the silence: Brain-computer interfaces (BCI) for communication and motor control," 2006.
- [9] Yue, L., "Implementation of SSVEP based BCI with Emotiv EPOC," 2012.
- [10] Vince, "Emotiv EPOC neuroheadset review, this is not the telepathy you are looking for," *GSMarena Blog*. [Online]. Available: <http://blog.gsmarena.com/emotiv->

- epoc-neuroheadset-review-the-telepathy-device-you-were-looking-for/. [Accessed: 15-Nov-2014].
- [11] Akbar, I. A., Samopa, F., Suryotrisongko, H., “Pembuatan Sistem Pendeteksi Kantuk untuk Pekerja Shift Malam Dengan Metode Support Vector Machine Menggunakan Alat Neurosky Mindwave,” 2013.
 - [12] Fairclough, S., “Physiological Computing,” *Physiological Computing*. [Online]. Available: <http://www.physiologicalcomputing.net/>. [Accessed: 15-Nov-2014].
 - [13] “Melon,” *Melon*. [Online]. Available: <http://www.thinkmelon.com/>. [Accessed: 24-Nov-2014].
 - [14] Hughes, S., “Emotiv-PR-March2007.pdf,” *Google Docs*. [Online]. Available: https://docs.google.com/file/d/0B_fGdmaRpnHINDU2NTM2MzctZWlyYy00ODdhLWE1MzEtYmJiNzJmNWY4NjBl/edit?usp=drive_web&urp=https://www.google.com/&pli=1&usp=embed_facebook. [Accessed: 18-Nov-2014].
 - [15] Yazdani, A., Kroupi, E., Vesin, J.-M., Ebrahimi, T., “Electroencephalogram Alterations During Perception of Pleasant and Unpleasant Odors,” 2012.
 - [16] Leslie, G., Mullen, T., “MoodMixer: EEG Based Collaborative Sonification,” 2011.
 - [17] Emotiv, Inc., “About Us,” 2014. [Online]. Available: <https://emotiv.com/company.php>. [Accessed: 18-Nov-2014].
 - [18] Emotiv, Inc., “Emotiv EPOC,” 2014. [Online]. Available: <https://emotiv.com/epoc.php>. [Accessed: 18-Nov-2014].
 - [19] Renard, Y., Lotte, F., Gibert, G., Congedo, M., Maby, E., Delannoy, V., Bertrand, O., Lecuyer, A., “OpenViBE: An Open-Source Software Platform to Design, Test and Use Brain Computer Interfaces in Real and Virtual Environments,” *Presence Teleoperators Virtual Environments*, vol. 19, pp. 35–53, 2010.

- [20] Jozef, “Supported acquisition devices,” *Software for Brain Computer Interfaces and Real Time Neurosciences*, 26-Sep-2013. [Online]. Available: <http://openvibe.inria.fr/author/jlegeny/>. [Accessed: 03-Mar-2015].
- [21] Qing, G., Xujun, D., Huaifu, C., “Evaluation of effective connectivity of motor areas during motor imagery and execution using conditional Granger causality,” *Neuroimage*, vol. 54, no. 2011, pp. 1280–1288, Aug. 2010.
- [22] Oxford Dictionaries, “Handedness,” *Oxford Dictionaries*. [Online]. Available: <http://www.oxforddictionaries.com/definition/english/handedness>. [Accessed: 08-May-2015].
- [23] Wang, Y., et al., “Design of electrode layout for motor imagery based brain–computer interface,” *Electron. Lett.*, vol. 43, May 2007.
- [24] Moyes, C., “10-20 Electrode Placement,” *BCI using EEG*. [Online]. Available: [http://people.ece.cornell.edu/land/courses/ece4760/Final Projects/s2012/cwm55/cwm55_mj294/](http://people.ece.cornell.edu/land/courses/ece4760/Final%20Projects/s2012/cwm55/cwm55_mj294/). [Accessed: 04-May-2015].
- [25] Emotiv, Inc., “About the electrode position of Emotiv EPOC Headset,” 11-Apr-2013. [Online]. Available: <https://emotiv.com/forum/forum4/topic3342/messages/>. [Accessed: 04-May-2015].
- [26] Shibasaki, H., “Both primary motor cortex and supplementary motor area play an important role in complex finger movement,” *Brain*, pp. 1387–1398, 1993.

BAB VII

KESIMPULAN DAN SARAN

7.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil akhir yang didapat dari pengerjaan Tugas Akhir ini, dapat ditarik kesimpulan bahwa :

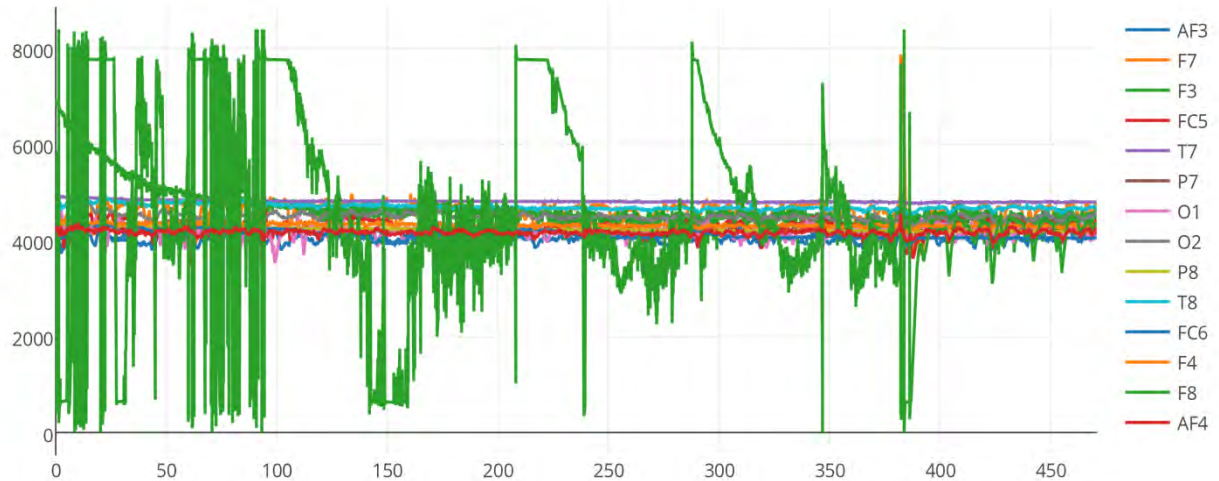
1. BCI dapat mengenali dan membedakan aktivitas yang hendak dilakukan manusia dengan cara menggunakan algoritma klasifikasi yang lebih dahulu dilatih dengan data acuan yang sesuai dengan aktivitas yang diinginkan.
2. Data EEG mentah harus diolah terlebih dahulu dengan time-based epoching untuk mendapatkan *feature vector* setiap detiknya dan dikorelasikan dengan label aktivitas sehingga dapat digunakan oleh classifier processor sebagai data acuan untuk mengklasifikasikan data baru.
3. Emotiv EPOC dengan tool openvibe yang menggunakan SVM sebagai classifier processor tidak dapat mengenali ciri khas dari data EEG aktivitas yang terlatih ketika dikombinasikan dengan aktivitas lain.
4. Tingkat kesuksesan penggunaan BCI dipengaruhi oleh kualitas data acuan, kualitas kontak elektroda dengan kepala, algoritma klasifikasi dan kemampuan subyek.

7.2 Saran

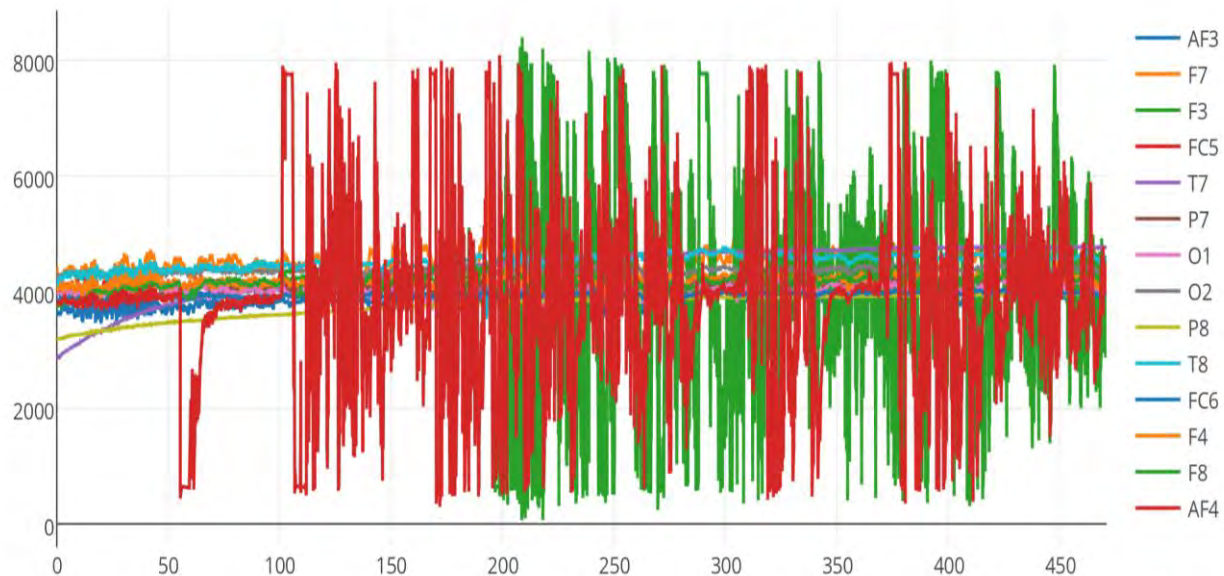
Saran untuk penelitian selanjutnya yang melibatkan BCI dan Motor Imagery adalah:

1. Penggunaan alat BCI lain yang memiliki penempatan elektroda yang optimal untuk motor imagery.
2. Penggunaan metode pengujian yang lebih detil untuk motor imagery.
3. Pengembangan aplikasi BCI yang dapat mengklasifikasikan aktivitas lebih dari 2 aktivitas.

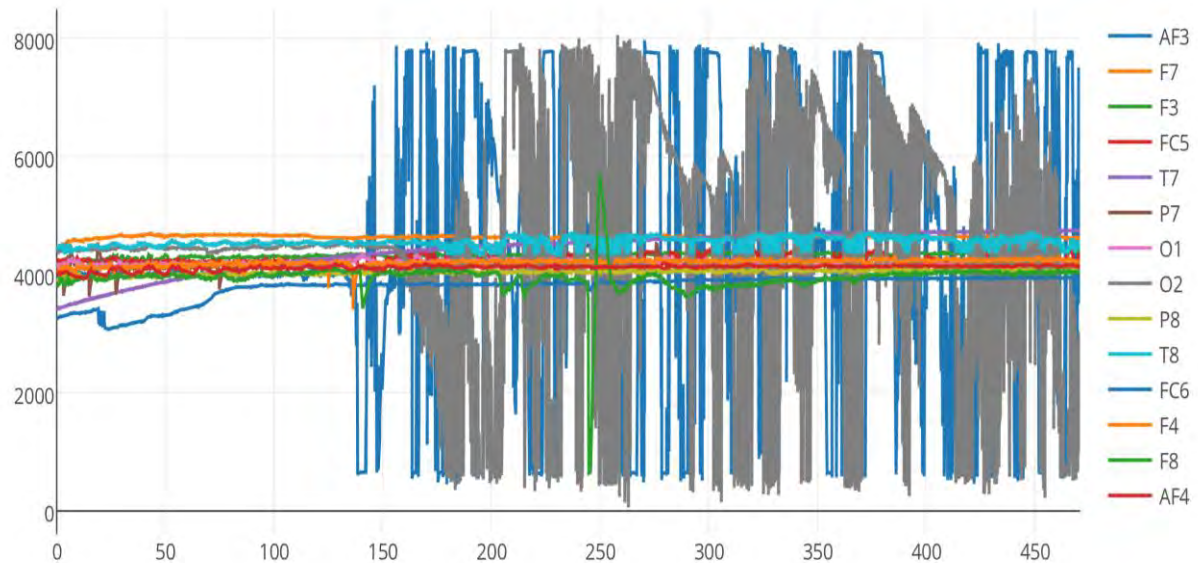
4. Penggunaan visualisasi yang menggambarkan kondisi netral sehingga proses pengujian lebih mudah dilakukan.
5. Filter elektroda sebaiknya diimplementasikan untuk menghilangkan sinyal yang didapatkan dari bagian otak yang tidak diperlukan yaitu Occipital dan Parietal Lobe.
6. Pada tahap akuisisi data dan pengujian, sebaiknya dilakukan monitoring terhadap sinyal yang sedang diambil agar jika ada gangguan terhadap sinyal dapat langsung diatasi.

LAMPIRAN A GRAFIK DATA MENTAH EEG**Gambar A.1 Grafik data mentah Fakhruzzaman 1**

A - 2

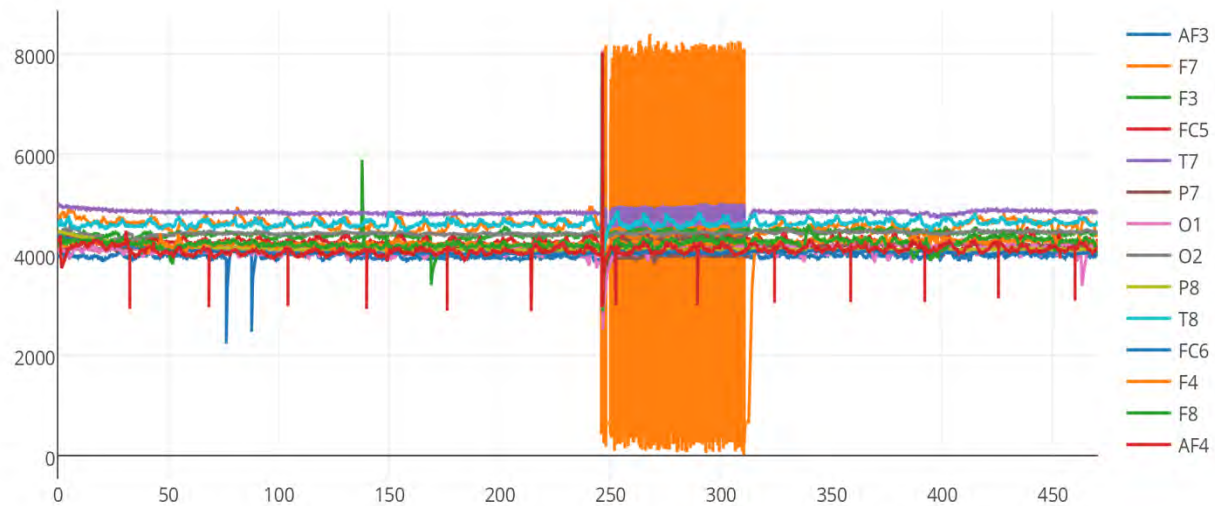


Gambar A.2 Grafik data mentah Fakhruzzaman 2

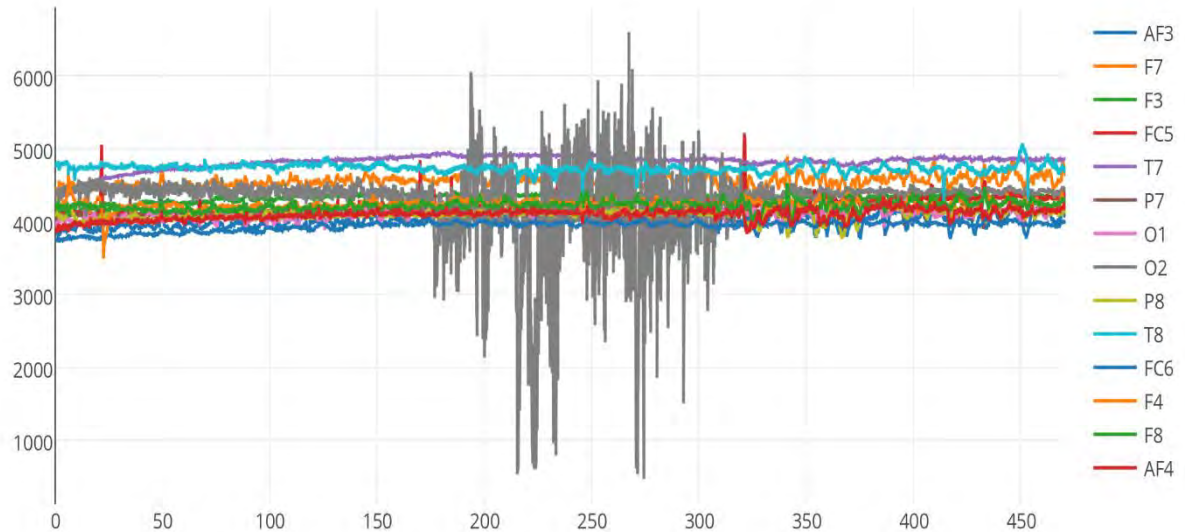


Gambar A.3 Grafik data mentah Fakhruzzaman 3

A - 4

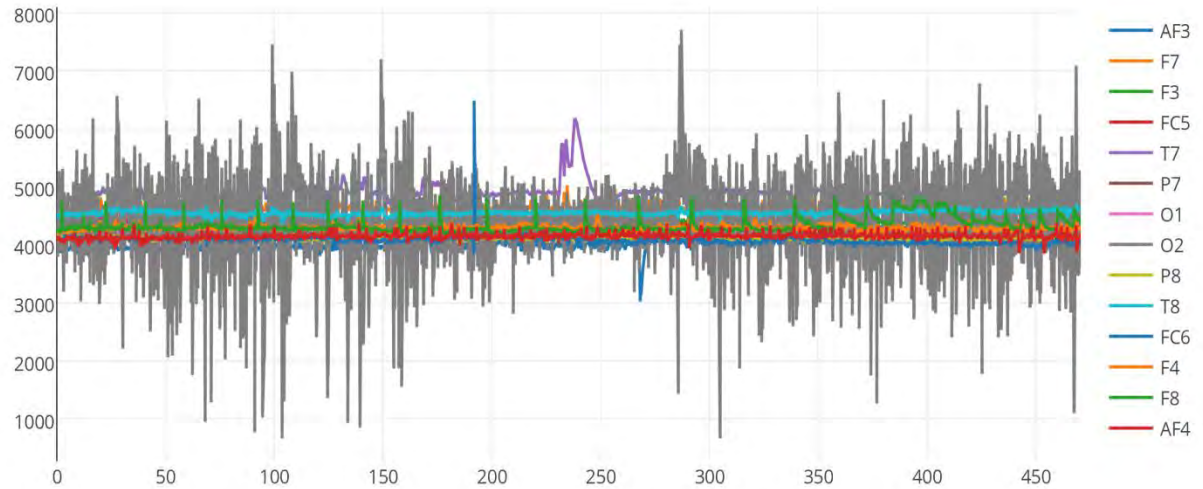


Gambar A.4 Grafik data mentah Fakhruzzaman 4

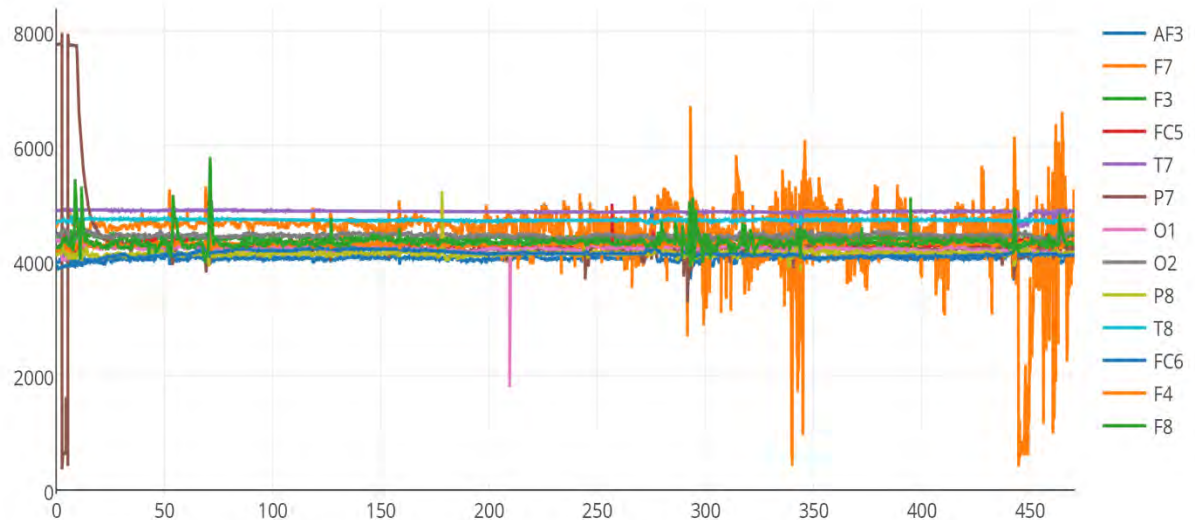


Gambar A.5 Grafik data mentah Fakhruzzaman 5

A - 6

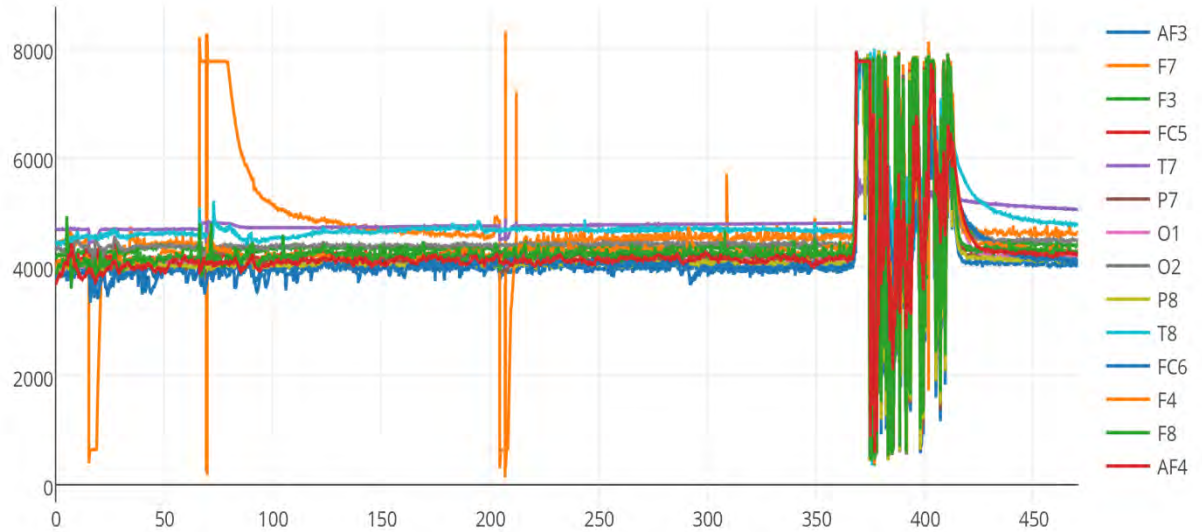


Gambar A.6 Grafik data mentah Ryco 1

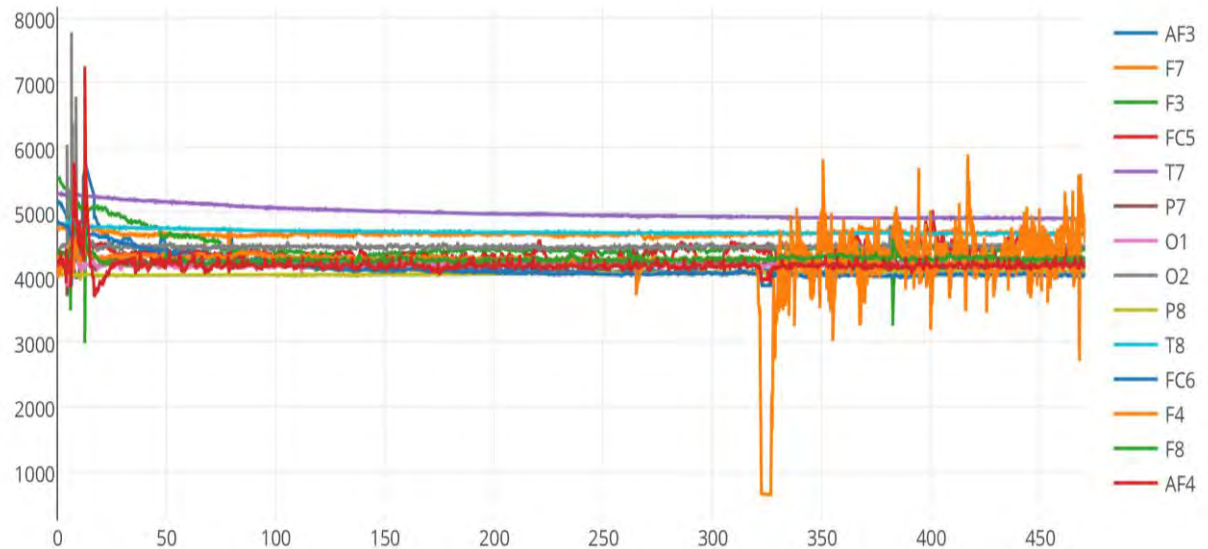


Gambar A.7 Grafik data mentah Ryco 2

A - 8

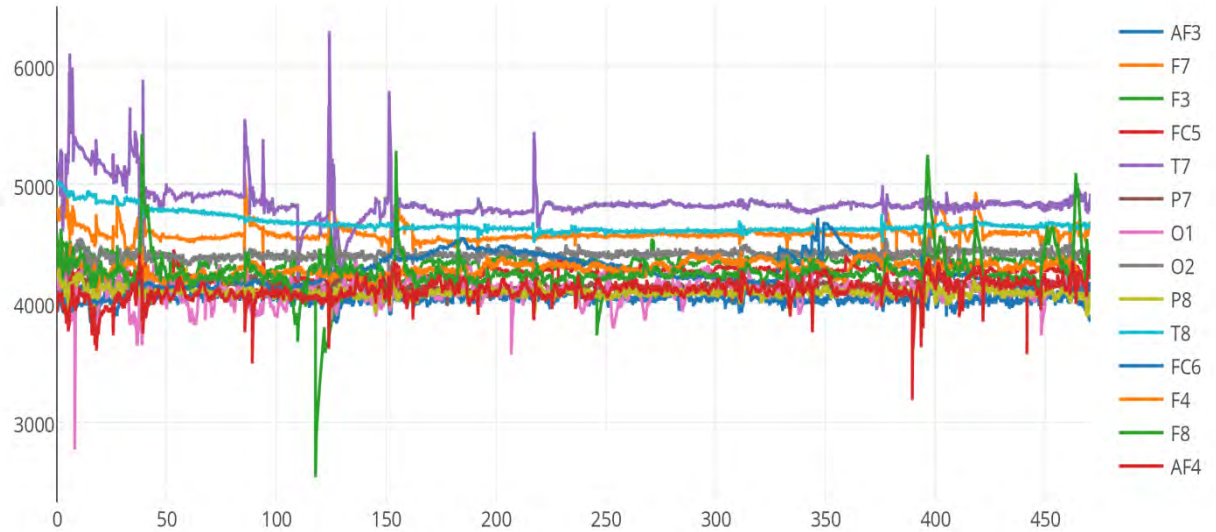


Gambar A.8 Grafik data mentah Ryco 3



Gambar A.9 Grafik data mentah Ryco 4

A - 10



Gambar A.10 Grafik data mentah Ryco 5

LAMPIRAN B TABEL HASIL PENGUJIAN

Tabel B.1 Hasil Pengujian Skenario 1 (kiri) dan 2 (kanan) data Fakhruzzaman 1

Timeframe						
no	5	10	15	20	25	30
1	1	1	1	1	1	1
2	1	1	1	1	1	1
3	1	1	1	1	1	1
4	1	1	1	1	1	1
5	1	1	1	1	1	1
6	1	1	1	1	1	1
7	1	0	1	1	1	1
8	1	1	1	1	1	1
9	1	1	1	1	1	1
10	1	1	1	0	1	1

Timeframe						
no	5	10	15	20	25	30
1	0	0	0	0	1	1
2	0	0	0	1	1	1
3	0	1	0	1	0	0
4	1	0	0	0	0	0
5	0	1	0	1	0	0
6	0	1	0	0	0	1
7	0	0	0	0	0	0
8	0	0	0	1	1	1
9	0	0	1	1	1	1
10	1	1	0	0	1	1

Tabel B.2 Hasil Pengujian Skenario 3 (kiri) dan 4 (kanan) data Fakhruzzaman 1

no	Timeframe					
	5	10	15	20	25	30
1	0	1	1	0	1	0
2	0	1	1	0	0	1
3	1	0	1	1	1	0
4	0	1	1	1	1	0
5	0	0	1	1	0	0
6	0	1	0	1	0	1
7	0	1	0	1	1	1
8	0	0	1	0	1	0
9	1	1	1	1	0	0
10	1	1	0	0	1	1

no	Timeframe					
	5	10	15	20	25	30
1	0	0	0	0	1	0
2	0	0	0	0	0	0
3	0	0	0	0	0	1
4	0	0	0	0	0	0
5	0	0	0	1	0	1
6	1	0	0	0	0	1
7	0	0	1	0	0	1
8	0	0	0	0	0	1
9	0	0	1	1	0	0
10	1	0	1	0	0	1

**Tabel B.3 Hasil Pengujian Skenario 5 (kiri) dan 6 (kanan) data
Fakhruzzaman 1**

no	Timeframe					
	5	10	15	20	25	30
1	0	0	1	1	0	0
2	1	0	0	1	1	0
3	0	0	0	0	0	1
4	0	0	1	0	1	0
5	0	0	0	0	1	1
6	0	0	0	1	0	1
7	0	0	0	0	1	0
8	1	1	0	0	0	0
9	0	0	1	0	1	0
10	0	0	1	0	1	0

no	Timeframe					
	5	10	15	20	25	30
1	0	0	0	0	0	1
2	0	0	0	0	0	1
3	0	0	0	0	1	0
4	0	0	0	0	0	1
5	0	0	0	1	0	0
6	0	0	0	0	0	0
7	0	1	0	0	1	0
8	0	0	1	0	0	1
9	0	0	0	0	0	0
10	0	0	0	0	0	0

Tabel B.4 Hasil Pengujian Skenario 1 (kiri) dan 2 (kanan) data Fakhruzzaman 2

Timeframe						
no	5	10	15	20	25	30
1	0	0	0	0	1	0
2	0	0	1	0	0	0
3	0	0	0	0	0	0
4	0	0	0	0	1	1
5	1	0	0	0	0	0
6	0	0	0	0	0	0
7	0	0	0	1	1	1
8	0	1	1	1	1	1
9	1	1	1	1	1	1
10	1	1	1	0	1	1

Timeframe						
no	5	10	15	20	25	30
1	1	1	0	0	0	0
2	1	1	1	1	1	1
3	1	1	1	1	0	0
4	1	1	1	1	1	1
5	1	1	1	1	1	1
6	0	0	1	1	0	0
7	0	0	0	0	1	1
8	1	1	1	0	0	1
9	1	1	1	1	0	1
10	1	1	1	1	1	1

**Tabel B.5 Hasil Pengujian Skenario 3 (kiri) dan 4 (kanan) data
Fakhruzzaman 2**

no	Timeframe					
	5	10	15	20	25	30
1	0	0	0	0	1	0
2	0	0	0	0	0	1
3	0	0	1	0	1	0
4	0	1	0	0	0	0
5	0	0	1	1	0	0
6	0	0	0	1	0	1
7	0	1	0	1	0	0
8	0	0	1	0	1	0
9	0	0	1	0	0	0
10	0	0	0	0	1	1

no	Timeframe					
	5	10	15	20	25	30
1	0	0	1	1	1	0
2	1	0	1	0	1	1
3	0	1	0	0	0	1
4	0	0	1	1	1	0
5	0	0	0	1	1	1
6	1	0	0	1	1	1
7	0	0	1	0	0	1
8	1	1	0	1	0	1
9	0	0	1	1	0	0
10	1	0	1	0	0	1

Tabel B.6 Hasil Pengujian Skenario 5 (kiri) dan 6 (kanan) data Fakhruzzaman 2

no	Timeframe					
	5	10	15	20	25	30
1	0	0	0	1	0	0
2	0	0	0	1	1	0
3	0	0	0	0	0	1
4	0	0	1	0	1	0
5	0	0	0	0	0	1
6	0	0	0	0	0	1
7	0	0	0	0	1	0
8	1	1	0	0	0	0
9	0	0	0	0	0	0
10	0	0	1	0	1	0

no	Timeframe					
	5	10	15	20	25	30
1	0	0	1	0	0	1
2	0	0	0	1	1	1
3	0	0	0	0	1	0
4	0	1	1	0	0	1
5	0	0	0	1	0	0
6	1	0	1	1	0	0
7	0	1	0	0	1	0
8	0	0	1	0	0	1
9	0	0	1	1	1	0
10	0	0	1	0	1	1

Tabel B.7 Hasil Pengujian Skenario 1 (kiri) dan 2 (kanan) data Fakhruzzaman 3

	Timeframe					
no	5	10	15	20	25	30
1	1	1	1	1	1	1
2	1	0	1	1	1	0
3	0	1	1	1	1	1
4	1	1	1	1	1	1
5	1	0	1	1	1	1
6	1	0	1	1	1	1
7	0	1	1	1	1	1
8	0	1	1	1	1	1
9	1	1	1	1	1	1
10	1	1	1	0	1	1

	Timeframe					
no	5	10	15	20	25	30
1	0	0	0	0	0	0
2	0	0	0	1	1	1
3	1	0	0	0	0	0
4	1	0	0	0	0	1
5	1	1	0	0	0	1
6	0	0	1	0	0	0
7	0	0	0	0	1	1
8	1	0	0	0	0	1
9	0	0	1	0	0	1
10	0	0	0	1	0	1

**Tabel B.8 Hasil Pengujian Skenario 3 (kiri) dan 4 (kanan) data
Fakhruzzaman 3**

	Timeframe					
no	5	10	15	20	25	30
1	0	0	1	0	1	1
2	1	0	0	1	1	1
3	0	0	1	0	0	1
4	1	0	0	1	0	0
5	1	1	1	0	0	1
6	0	0	0	1	0	1
7	0	1	0	1	0	0
8	1	0	1	0	1	0
9	1	0	1	0	1	1
10	0	0	0	1	1	1

	Timeframe					
no	5	10	15	20	25	30
1	0	0	0	0	0	0
2	0	0	0	0	1	0
3	0	1	0	0	0	1
4	0	0	1	0	0	0
5	0	0	0	0	1	1
6	0	0	0	0	0	1
7	0	0	1	0	0	1
8	0	0	0	0	0	1
9	0	0	0	0	0	0
10	0	0	0	0	0	1

**Tabel B.9 Hasil Pengujian Skenario 5 (kiri) dan 6 (kanan) data
Fakhruzzaman 3**

no	Timeframe					
	5	10	15	20	25	30
1	0	0	0	1	1	0
2	0	1	0	1	1	0
3	1	0	1	1	0	1
4	0	0	1	0	1	0
5	0	0	0	1	0	1
6	0	0	0	0	0	1
7	0	0	0	1	1	0
8	1	1	0	0	1	0
9	0	0	0	0	0	0
10	0	0	1	0	1	0

no	Timeframe					
	5	10	15	20	25	30
1	0	0	0	0	0	0
2	0	0	0	0	0	0
3	0	0	0	0	0	0
4	0	1	0	0	0	1
5	0	0	0	1	0	0
6	0	0	0	1	0	0
7	0	1	0	0	1	0
8	0	0	0	0	0	0
9	0	0	0	1	0	0
10	0	0	0	0	0	0

Tabel B.10 Hasil Pengujian Skenario 1 (kiri) dan 2 (kanan) data Fakhruzzaman 4

	Timeframe					
no	5	10	15	20	25	30
1	0	0	1	0	1	1
2	1	0	1	1	0	0
3	0	1	0	0	1	1
4	0	0	1	1	0	1
5	1	0	1	0	0	1
6	1	0	1	1	0	0
7	0	1	1	0	1	1
8	0	1	1	0	1	1
9	1	1	0	1	0	0
10	1	1	0	0	1	1

	Timeframe					
no	5	10	15	20	25	30
1	1	1	1	1	1	1
2	1	1	1	1	1	1
3	1	1	1	1	1	1
4	1	0	1	1	1	1
5	1	1	1	1	1	1
6	1	1	1	0	1	1
7	1	1	1	1	1	1
8	1	1	1	1	1	1
9	1	1	1	0	1	1
10	1	1	0	1	1	1

Tabel B.11 Hasil Pengujian Skenario 3 (kiri) dan 4 (kanan) data Fakhruzzaman 4

no	Timeframe					
	5	10	15	20	25	30
1	0	0	0	0	1	1
2	1	0	0	1	1	1
3	0	0	1	0	0	1
4	1	0	0	1	1	0
5	1	1	1	0	0	1
6	0	0	0	1	0	1
7	0	1	1	0	0	0
8	1	0	1	0	1	0
9	0	1	1	0	1	0
10	0	0	0	1	1	1

no	Timeframe					
	5	10	15	20	25	30
1	1	0	1	1	1	1
2	0	1	1	1	1	0
3	1	1	0	1	1	1
4	1	0	1	0	0	0
5	0	0	0	0	1	1
6	1	1	1	1	0	1
7	0	0	1	0	0	1
8	1	1	1	1	1	1
9	0	1	1	1	1	1
10	1	1	1	1	0	1

**Tabel B.12 Hasil Pengujian Skenario 5 (kiri) dan 6 (kanan) data
Fakhruzzaman 4**

no	Timeframe					
	5	10	15	20	25	30
1	0	0	0	0	0	0
2	0	1	0	1	1	0
3	1	0	1	1	0	1
4	0	0	0	0	1	0
5	0	0	0	1	0	1
6	0	0	0	0	0	1
7	0	0	0	1	0	0
8	1	0	0	0	1	0
9	0	0	0	0	0	0
10	0	0	1	0	1	0

no	Timeframe					
	5	10	15	20	25	30
1	1	1	1	1	0	1
2	0	0	1	1	1	1
3	1	0	1	1	1	0
4	0	1	0	0	0	1
5	1	0	0	1	0	0
6	1	0	0	1	0	0
7	0	1	0	0	1	0
8	1	0	1	0	1	1
9	0	0	0	1	0	0
10	1	1	1	0	1	1

Tabel B.13 Hasil Pengujian Skenario 1 (kiri) dan 2 (kanan) data Fakhruzzaman 5

Timeframe						
no	5	10	15	20	25	30
1	1	1	1	1	1	0
2	1	0	1	1	1	1
3	1	1	0	1	1	1
4	0	1	1	1	0	1
5	1	0	1	1	1	1
6	1	1	1	1	0	1
7	0	1	1	0	1	1
8	1	1	1	0	1	1
9	1	1	1	1	0	1
10	1	1	1	1	1	1

Timeframe						
no	5	10	15	20	25	30
1	1	1	1	1	1	1
2	1	1	0	1	1	1
3	1	1	1	1	1	1
4	1	0	1	1	0	1
5	1	1	1	1	1	1
6	1	1	1	0	1	1
7	1	0	1	1	1	1
8	1	1	1	1	0	1
9	1	0	1	0	1	1
10	1	1	0	1	1	1

Tabel B.14 Hasil Pengujian Skenario 3 (kiri) dan 4 (kanan) data Fakhruzzaman 5

	Timeframe					
no	5	10	15	20	25	30
1	0	1	1	0	1	1
2	1	0	1	1	1	1
3	1	0	1	0	0	1
4	0	1	0	1	1	0
5	1	1	1	0	0	1
6	0	0	0	1	0	1
7	0	1	0	0	0	0
8	1	0	0	0	1	0
9	0	1	1	0	0	0
10	1	0	1	1	0	0

	Timeframe					
no	5	10	15	20	25	30
1	1	0	1	0	0	1
2	0	1	0	0	0	0
3	1	1	0	1	1	0
4	1	0	1	0	0	0
5	0	0	0	0	1	1
6	1	1	1	1	0	1
7	0	0	1	0	0	0
8	1	1	1	0	1	1
9	0	1	0	1	0	1
10	1	0	1	1	0	1

Tabel B.15 Hasil Pengujian Skenario 5 (kiri) dan 6 (kanan) data Fakhruzzaman 5

no	Timeframe					
	5	10	15	20	25	30
1	0	0	0	1	1	1
2	0	1	0	1	1	0
3	1	0	1	1	0	1
4	0	0	0	0	1	0
5	0	1	1	1	0	1
6	0	0	0	0	0	1
7	0	0	0	1	0	0
8	1	1	0	0	1	0
9	0	0	0	0	0	0
10	0	0	1	0	1	0

no	Timeframe					
	5	10	15	20	25	30
1	0	0	0	1	0	1
2	0	0	1	1	0	1
3	1	0	1	0	0	0
4	0	1	0	0	0	1
5	0	0	0	1	0	0
6	0	0	0	0	0	0
7	0	1	0	0	1	0
8	1	0	1	0	1	0
9	0	0	0	1	0	0
10	0	1	1	0	0	1

Tabel B.16 Hasil Pengujian Skenario 1 (kiri) dan 2 (kanan) data Ryco 2

Timeframe						
no	5	10	15	20	25	30
1	0	0	1	0	1	1
2	0	0	1	0	1	0
3	0	0	1	0	1	1
4	0	0	1	1	1	1
5	0	1	1	0	0	1
6	1	1	1	0	1	1
7	0	1	1	1	1	0
8	0	1	0	1	1	1
9	1	1	1	1	1	1
10	1	1	1	1	1	1

Timeframe						
no	5	10	15	20	25	30
1	1	1	1	1	0	1
2	1	1	0	0	1	0
3	1	1	0	1	1	1
4	1	1	1	0	1	1
5	1	1	1	0	1	0
6	1	1	0	1	1	1
7	1	1	1	1	1	1
8	1	0	1	1	1	1
9	1	1	1	1	1	1
10	1	1	1	1	1	1

Tabel B.17 Hasil Pengujian Skenario 3 (kiri) dan 4 (kanan) data Rycu 2

no	Timeframe					
	5	10	15	20	25	30
1	1	0	0	0	1	1
2	0	1	0	0	1	0
3	1	0	0	0	1	0
4	0	1	0	0	0	0
5	0	0	0	1	0	0
6	1	0	1	1	0	1
7	0	1	0	0	0	1
8	1	1	1	0	1	0
9	1	1	0	0	0	0
10	1	1	0	0	1	1

no	Timeframe					
	5	10	15	20	25	30
1	0	1	0	0	0	0
2	0	1	1	0	1	0
3	0	0	0	0	1	1
4	1	1	1	1	0	1
5	0	1	0	1	1	1
6	1	1	1	0	1	1
7	0	0	1	1	1	1
8	0	1	0	1	1	1
9	0	0	1	1	0	0
10	1	0	1	1	0	1

Tabel B.18 Hasil Pengujian Skenario 5 (kiri) dan 6 (kanan) data Rycu 2

no	Timeframe					
	5	10	15	20	25	30
1	0	0	1	1	0	0
2	1	0	0	1	1	0
3	0	0	0	0	0	1
4	0	0	0	0	0	0
5	0	0	0	0	0	0
6	0	0	0	0	0	0
7	0	1	1	0	0	1
8	0	0	0	0	0	0
9	0	0	0	1	0	1
10	0	0	1	0	1	0

no	Timeframe					
	5	10	15	20	25	30
1	0	0	0	1	0	1
2	1	1	0	0	0	1
3	0	0	1	0	1	1
4	0	1	1	0	1	1
5	0	1	0	0	0	1
6	0	0	0	1	1	1
7	1	1	0	0	0	1
8	0	0	1	0	1	1
9	1	1	0	0	0	0
10	0	0	0	0	0	0

Tabel B.19 Hasil Pengujian Skenario 1 (kiri) dan 2 (kanan) data Ryco 3

Timeframe						
no	5	10	15	20	25	30
1	1	1	1	1	1	1
2	1	1	1	1	1	1
3	0	1	1	0	1	1
4	0	1	1	1	1	0
5	0	1	1	1	1	1
6	1	1	1	1	1	1
7	1	1	1	1	1	1
8	1	1	1	1	1	0
9	1	1	1	1	1	1
10	1	1	1	1	1	1

Timeframe						
no	5	10	15	20	25	30
1	0	0	0	0	0	0
2	1	0	0	0	0	0
3	0	0	0	1	0	1
4	1	1	1	0	1	1
5	0	0	1	0	1	0
6	1	1	0	1	1	1
7	1	0	0	0	0	1
8	1	0	0	0	1	0
9	0	0	0	0	1	0
10	0	1	0	1	0	0

**Tabel B.20 Hasil Pengujian Skenario 3 (kiri) dan 4 (kanan) data
Ryco 3**

no	Timeframe					
	5	10	15	20	25	30
1	0	1	0	0	0	0
2	0	1	0	0	0	0
3	1	0	0	0	1	0
4	0	0	0	0	0	0
5	0	0	0	1	0	0
6	0	0	0	1	0	1
7	0	1	0	0	0	1
8	0	0	1	0	1	0
9	1	1	0	0	0	0
10	1	1	0	0	1	1

no	Timeframe					
	5	10	15	20	25	30
1	0	0	0	0	0	0
2	0	0	0	0	0	0
3	0	0	0	0	0	1
4	0	0	0	0	0	1
5	0	0	1	0	0	0
6	1	0	1	0	0	0
7	0	0	0	0	1	1
8	0	0	0	0	0	1
9	0	0	0	1	0	0
10	0	0	0	0	0	1

Tabel B.21 Hasil Pengujian Skenario 5 (kiri) dan 6 (kanan) data Ryco 3

no	Timeframe					
	5	10	15	20	25	30
1	0	0	1	1	0	0
2	1	0	0	1	1	0
3	0	0	0	0	0	1
4	0	0	0	0	0	0
5	0	0	0	0	0	0
6	0	0	0	0	0	0
7	0	0	0	0	0	0
8	0	0	0	0	0	0
9	0	0	0	0	0	0
10	0	0	1	0	1	0

no	Timeframe					
	5	10	15	20	25	30
1	0	0	0	0	0	0
2	0	0	0	0	0	0
3	0	0	0	0	0	0
4	0	0	0	0	0	1
5	0	0	0	1	0	0
6	0	0	0	1	1	0
7	0	0	0	0	0	0
8	0	0	0	0	0	0
9	0	1	0	0	0	0
10	0	0	0	0	0	0

Tabel B.22 Hasil Pengujian Skenario 1 (kiri) dan 2 (kanan) data Ryco 4

Timeframe						
no	5	10	15	20	25	30
1	1	1	1	0	1	1
2	1	0	1	1	1	0
3	0	1	1	1	1	1
4	0	1	1	1	1	0
5	1	1	1	1	1	1
6	1	1	1	1	1	1
7	1	1	1	1	1	1
8	1	1	0	1	1	1
9	1	1	1	0	1	0
10	1	1	0	1	1	0

Timeframe						
no	5	10	15	20	25	30
1	0	1	1	1	1	1
2	1	1	1	1	1	0
3	1	1	1	1	1	1
4	1	1	1	0	1	1
5	1	1	0	0	1	1
6	1	1	0	1	1	1
7	1	1	1	1	1	1
8	1	0	1	1	1	1
9	1	1	1	1	0	1
10	1	1	1	1	1	1

Tabel B.23 Hasil Pengujian Skenario 3 (kiri) dan 4 (kanan) data Ryco 4

no	Timeframe					
	5	10	15	20	25	30
1	0	1	0	1	1	1
2	0	1	1	1	0	0
3	1	0	0	0	1	0
4	0	0	1	0	1	1
5	1	0	0	1	0	0
6	0	0	0	1	1	1
7	0	1	0	0	0	1
8	1	0	1	0	1	0
9	1	1	0	0	0	0
10	1	1	0	0	1	1

no	Timeframe					
	5	10	15	20	25	30
1	0	1	0	1	1	0
2	0	1	1	0	0	0
3	0	1	1	0	1	1
4	1	1	0	1	0	1
5	1	1	1	1	1	1
6	1	0	1	0	1	1
7	0	0	1	1	1	1
8	0	1	0	0	0	1
9	0	0	1	1	0	0
10	1	0	1	0	1	1

**Tabel B.24 Hasil Pengujian Skenario 5 (kiri) dan 6 (kanan) data
Ryco 4**

no	Timeframe					
	5	10	15	20	25	30
1	0	0	1	1	0	0
2	1	0	0	1	1	0
3	1	0	0	0	0	1
4	0	0	0	0	0	0
5	0	0	1	1	0	0
6	0	0	0	0	0	0
7	1	1	1	0	0	0
8	0	1	1	1	1	1
9	0	0	0	1	0	1
10	0	0	1	0	1	0

no	Timeframe					
	5	10	15	20	25	30
1	0	0	0	1	0	1
2	0	0	0	0	0	1
3	0	1	0	0	1	1
4	0	0	0	0	1	1
5	1	0	0	0	0	1
6	0	0	0	1	1	1
7	1	1	0	0	0	1
8	0	0	1	1	1	1
9	1	1	0	0	0	0
10	0	0	1	0	1	1

Tabel B.25 Hasil Pengujian Skenario 1 (kiri) dan 2 (kanan) data Ryco 5

Timeframe						
no	5	10	15	20	25	30
1	1	1	1	1	1	1
2	1	0	1	0	1	1
3	0	1	1	0	1	1
4	0	1	1	1	1	1
5	0	1	1	1	1	1
6	1	1	1	1	1	1
7	1	1	1	1	1	1
8	1	1	1	1	1	1
9	1	1	1	1	1	1
10	1	1	1	1	1	1

Timeframe						
no	5	10	15	20	25	30
1	1	0	1	1	1	1
2	1	1	1	0	1	1
3	1	1	1	1	1	1
4	1	1	1	0	1	1
5	0	1	1	0	1	1
6	1	1	0	1	1	1
7	1	1	1	1	0	1
8	1	0	1	1	1	1
9	1	1	0	1	1	1
10	1	1	1	1	0	0

Tabel B.26 Hasil Pengujian Skenario 3 (kiri) dan 4 (kanan) data Rycos

	Timeframe					
no	5	10	15	20	25	30
1	0	1	0	1	1	1
2	0	1	1	1	1	0
3	1	1	1	1	1	0
4	0	0	1	0	1	1
5	0	0	0	1	0	0
6	0	0	0	1	0	1
7	0	1	0	1	0	1
8	0	0	1	0	1	0
9	1	1	0	1	0	1
10	1	1	0	0	1	1

	Timeframe					
no	5	10	15	20	25	30
1	0	1	0	0	1	0
2	0	1	1	1	1	0
3	0	0	0	0	1	1
4	1	1	1	1	1	1
5	1	1	1	1	1	1
6	1	1	1	1	1	1
7	0	0	1	1	1	1
8	0	0	0	0	0	1
9	0	0	1	1	0	0
10	1	0	1	0	0	1

Tabel B.27 Hasil Pengujian Skenario 5 (kiri) dan 6 (kanan) data Rycu 5

no	Timeframe					
	5	10	15	20	25	30
1	0	0	1	1	0	0
2	1	0	0	1	1	0
3	0	0	0	0	0	1
4	0	1	0	0	0	1
5	0	0	1	1	0	0
6	0	0	0	0	1	1
7	0	0	1	0	1	0
8	0	0	0	0	0	0
9	1	0	0	1	0	0
10	0	0	1	0	1	0

no	Timeframe					
	5	10	15	20	25	30
1	0	1	0	1	0	1
2	0	1	0	0	0	0
3	1	0	0	0	0	1
4	0	0	1	0	1	0
5	1	1	0	0	0	1
6	0	0	0	1	0	0
7	0	1	0	0	0	0
8	0	0	1	0	0	0
9	1	0	0	0	0	0
10	0	0	0	0	0	0

BIODATA PENULIS



Penulis dilahirkan di Surabaya pada tanggal 22 Agustus 1993 merupakan anak pertama dari 2 bersaudara. Penulis telah menempuh pendidikan di TK Dwi Matra Surabaya, SD Muhammadiyah 4 Surabaya, SMP Al-Hikmah Surabaya, dan SMAN 5 Surabaya.

Pada tahun 2011 penulis diterima di jurusan Sistem Informasi – Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS) Surabaya melalui jalur SNMPTN Tulis dan terdaftar dengan NRP 5211100063.

Penulis cukup aktif di berbagai kegiatan kemahasiswaan. Tahun 2012 penulis dipercaya untuk menjadi Staff di Himpunan Mahasiswa Sistem Informasi Departemen Pengembangan Minat Bakat divisi musik.

Selain itu penulis sempat mengerjakan berbagai proyek teknologi informasi untuk mendapat tambahan uang saku selama kuliah. Penulis juga membuka tempat les privat alat musik drum di rumahnya selama berkuliah.

Tugas akhir yang dipilih penulis di Jurusan Sistem Informasi ini masuk ke dalam bidang minat E-Bisnis. Penulis dapat dihubungi melalui e-mail ruzcmc@gmail.com